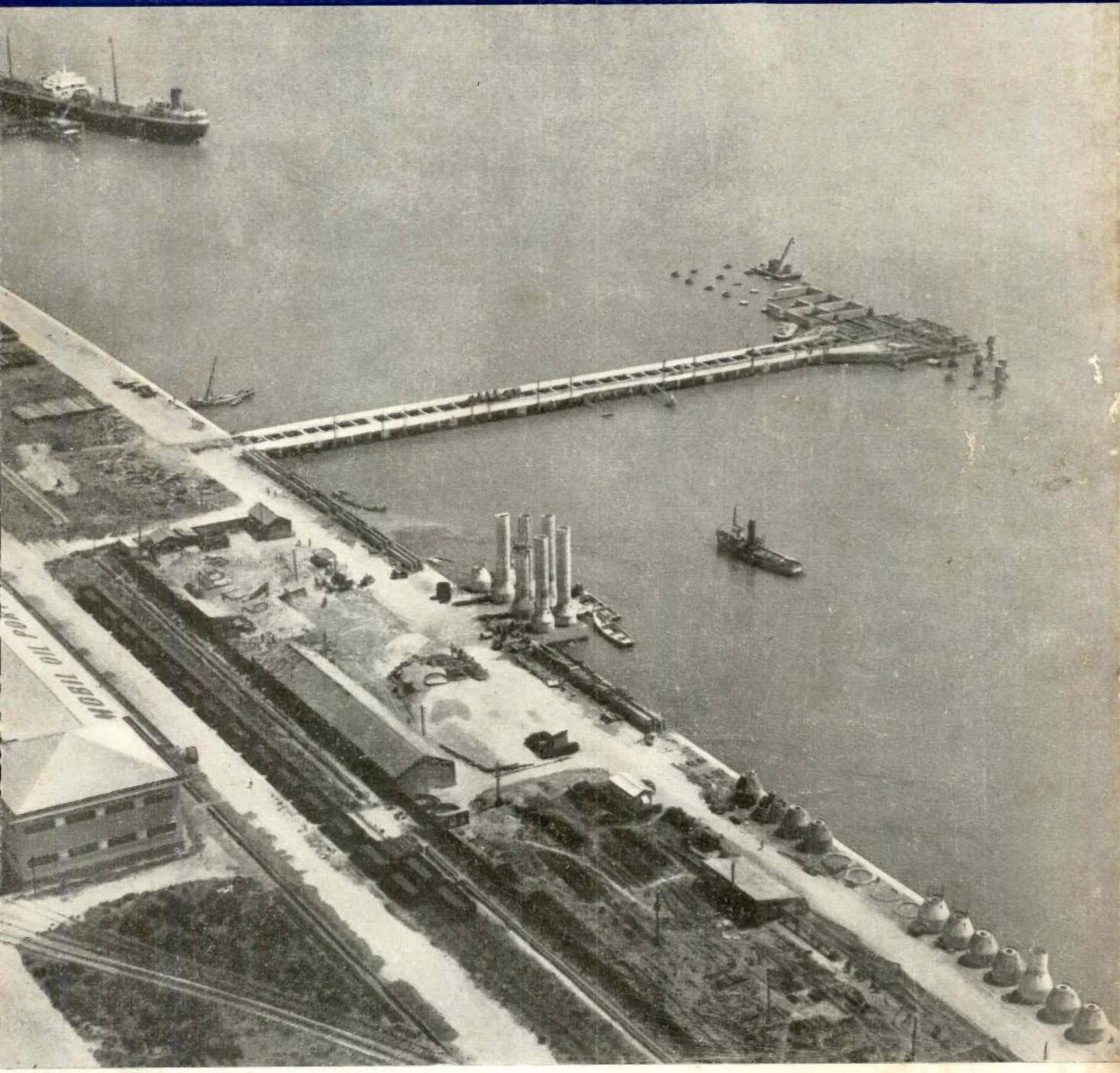
TÉCNICA



REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I. S. T.

N.º 298-JANEIRO-1960

CIMENTO SECIL

Fábrica:

Outão – Setúbal

Telef. 028824/5

Escritório:

R. do Comércio, 56-3.º

LISBOA 2

Telef. 28201/2/3

ELECTRO-ARCO
LIMITADA

ELECTRODIOS
POSTOS E ACESSORIOS
PARA A SOLDADURA ELECTRICA

MATERIAL APROVADO PELO
LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING

FÁBRICA E LABORATÓRIOS
VENDA NOVA — AMADORA
LISBOA
RUA SILVA CARVALHO, 239 — TEL 683649
PORTO
RUA DO BOLHÃO, 216 – TEL 21277

MARS-LUMOGRAPH

Lembre-se das cópias heliográficas!

Se a cópia demonstra impecável nitidez, depende do material de desenho utilizado no original.

Em todo o mundo os engenheiros e arquitectos apreciam no material moderno de desenho MARS-LUMOGRAPH ao lado das suas múltiplas vantagens, especialmente a sua propriedade heliográfica. Nós temos ao dispor o material de desenho MARS-LUMOGRAPH em 19 graduações como minas, lapiseiras e lápis de desenho. As lapiseiras de desenho MARS-LUMOGRAPH já famosas fornecem-se com afia-minas próprio situado no botão de pressão.

STAEDTLER

PAPELARIA FERNANDES
S. A. R. L.
Rua do Ouro, 145/149 Largo do Rato, 13
LISBOA

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA DOS ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

Ano XXXIV - N.º 298 Janeiro de 1960

Redacção e Administração: AVENIDA ROVISCO PAIS, I.S.T. * LISBOA-N. * TELEF. 77 01 44 (Linha 50)

DIRECTOR
ALEXANDRE CERVEIRA

ADMINISTRADOR
JORGE GONÇALVES CALADO

SECRETÁRIO
HENRIQUE TELLES ANTUNES

REDACTORES
JOSÉ FERNANDO PINHARANDA
VÍTOR GRAVETO
CARLOS PENA

★

NUMERO AVULSO 12$50

ASSINATURAS:

	3 N.os	5 N.os	10 N.os
Continente e Ilhas	32$50	50$00	95$00
Ultramar Português e Espanha	—	55$00	100$00
Estrangeiro	—	80$00	110$00

★

EDITOR E PROPRIETÁRIO
ASS. DOS ESTUD. DO I.S.T.

★

COMPOSTO E IMPRESSO
NA
Tip. JORGE FERNANDES, L.da
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

DEPARTAMENTO DE ENG. DE MATERIAIS BIBLIOTECA

SUMÁRIO

CAPA — Vista aérea do estaleiro e construção da nova ponte-cais (Agosto de 1958) destinada ao serviço de navios-tanques de 40.000 ton. de deslocamento, em Cabo Ruivo. — Companhia Intercontinental de Construções, Lda.

Págs.

A projecção do espírito universitário
Pelo Eng.º Luís A. de Almeida Alves 189

Sistemas Elásticos de *n* Graus de Liberdade
Pelo Eng.º António Gouvêa Portela 193

Notas informativas — **Elementos sobre a produção e consumo de energia na rede eléctrica nacional** 202

Fundações por ar comprimido na ponte-cais de Cabo Ruivo
Pelo Eng.º Carlos Alberto de Klut Andrade 203

O arranque nas minas da Panasqueira
Pelo Eng.º Fernando de Mello Mendes 227

Barragens de terra — Influência do teor de humidade de colocação na resistência ao corte
Pelo Eng.º Virgílio Penalva Esteves 235

Do Mundo Técnico 245

Biblioteca 247

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SÃO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES

Índice Alfabético dos nossos anunciantes

A

Pág.

Ad. M. Elias (Herdeiros) XL
A. Johnson & Co (Portugal), Ltd. . . XXXVII
Azevedo & Pessi, Ltd. XXX

C

Caldeiras Berès XLI
Canelas & Figueiredo, Lda. XLIV
Cimento Secil . . . . . 2.ª da capa
«Cimentol 25» XI
Companhia de Cimentos Brancos . . XII
Companhia Portuguesa de Fornos Eléctricos XIV
Companhia União Fabril XVIII
Construções Técnicas, Ltd.ª XXIX
C. Santos, Ltd.ª . . . . . VI e XIV

E

E. Brunner & C.ª, Lda. XXXIII
Edmond Dardel II
Electro-Arco, Ltd.ª . . . . . 2.ª da capa
EFA — ACEC XXXI
Emílio de Azevedo Campos & C.ª, Ltd.ª XIX
Empresa Electro Cerâmica XI
Empresa de Fundações Capblanch, Lda. XXX
Empresa Nacional de Aparelhagem Eléctrica XXIV
Empresa de Produtos Asfálticos . . . VII
Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ltd.ª . . . . . 3.ª da capa
Empresa Técnica de Equipamentos Eléctricos V
Eng.º Augusto Cavaco XXXIII
Estabelecimentos Herold XLIII

F

Fábrica Portugal XIII
Facto, Lda. XXVI
Fanafel XXXIV

H

Harker Sumner & C.ª, Ltd. XL
Henriques & Castro, Ltd.ª XII
Hidrel XXXIII
Hocut 201 XLIV

J

Pág.

Jayme da Costa, Lda XXV

K

Krupp XXXIX

L

Leacock (Lisboa), Ltd.ª XV

M

Metalúrgica de Benfica, Ltd. XXXVIII
MAN XXII
Máquinas de Precisão, Ltd.ª XL
Mobil Oil Portuguesa . . . . . 4.ª da capa
Monteiro Gomes, Ltd.ª . . . . VIII e XLII

P

Papelaria Fernandes . . . . XXIII e 2.ª da capa
Pimentel & Casquilho, Ltd.ª III

R

R. E. B. E. L. XXXII

S

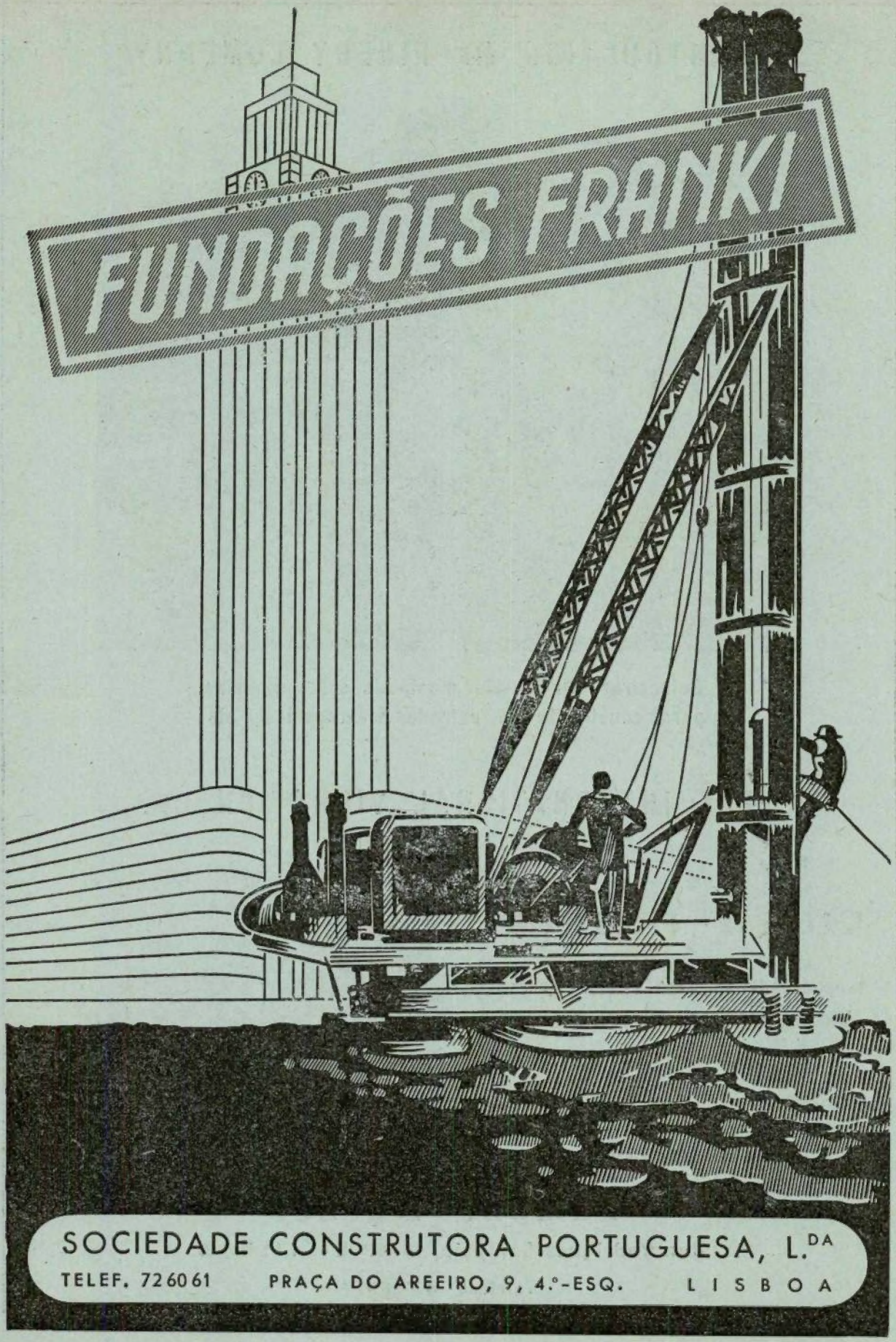
Soabal, Ltd. IX
S. E. Moniz da Maia & Vaz Guedes, L.da XVII
Siemens XXVII
SMEIA IV
Sociedade Comercial de Isolamentos de Cortiça, Lda. XXX
Sociedade Construtora Portuguesa, Ltd.ª I
Sociedade Fabril de Matérias Plásticas XX
Sociedade Técnica de Hidráulica . . XXXIV
Sociedade Portuguesa Cavan IX
Sonafor XXXVI
Sondagens Ródio, Ltd.ª IX
Standard Eléctrica X

V

Varimex XXVIII

W

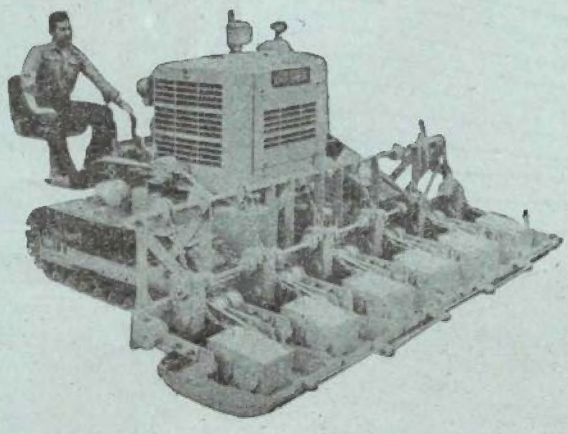
Wild Portugal, Lda. XXI


FUNDAÇÕES FRANKI
SOCIEDADE CONSTRUTORA PORTUGUESA, L.DA
TELEF. 726061
PRAÇA DO AREEIRO, 9, 4.º-ESQ.
LISBOA

CONSTRUCTION MACHINERY COMPANY

Betoneiras C. M. C. montadas sobre camions, para construção de estradas, aeroportos, etc.

THE INTERNATIONAL VIBRATION CO.



VIBRO-TAMPER

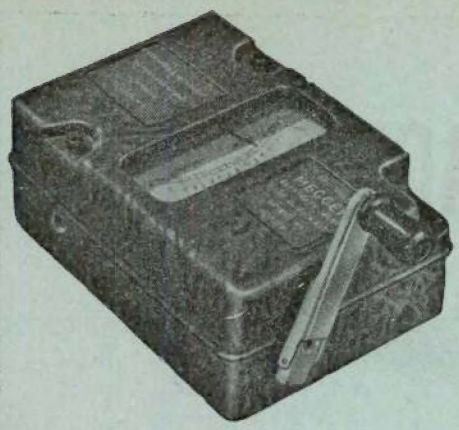
Compactador de sapatas vibratórias. Máxima compactação num mínimo de tempo

Agente exclusivo:

Edmond Dardel

Rua Rodrigues Sampaio, 19-4.º B — LISBOA

Telefone 42289



PIMENTEL & CASQUILHO, L.DA

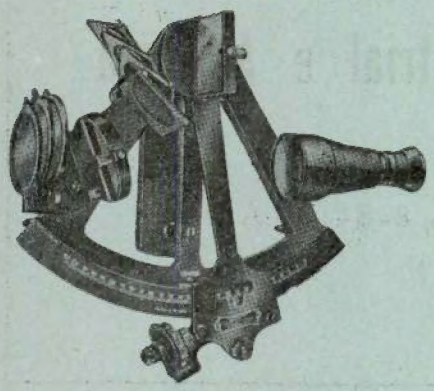
GRANDE SORTIDO DE INSTRUMENTOS DE PRECISÃO, CIENTÍFICOS E INDUSTRIAIS

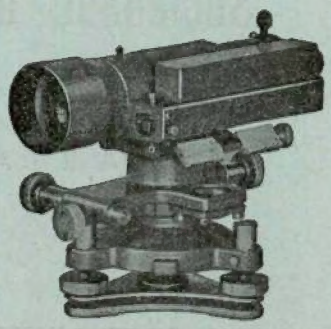
PARA

- ENGENHEIROS
- ARQUITECTOS
- CONSTRUTORES
- TOPÓGRAFOS
- DESENHADORES
- LABORATÓRIOS
- ESCOLAS
- OFICINAS

RUA DAS PORTAS DE SANTO ANTÃO, 75
LISBOA
TELEF.: 24314

TELEG.: TECNA





CATERPILLAR TRACTOR Co.

Peoria, Illinois

U. S. A.

A «CATERPILLAR»*, pioneira em muitos aperfeiçoamentos dos Motores Diesel, possui uma experiência de muitos anos de construção e de investigação neste ramo da engenharia que *lhe permite satisfazer todas as necessidades de Motores Diesel.*

Os Motores Diesel, Industriais e Marítimos, e os Grupos Diesel — Electrogéneos «CATERPILLAR»* suportam trabalho pesado, são duradouros, compactos, simples na condução e económicos no consumo e na manutenção.

Representantes exclusivos

SMEIA

Sociedade de Mecanização Industrial e Agrícola

S. A. R. L.

LISBOA-2 — Avenida Padre Manuel da Nóbrega, 8-B-1 — Areeiro

Telef. 72 40 53/54/55, 71 06 20

* **Marca Registada**

VÁLVULAS

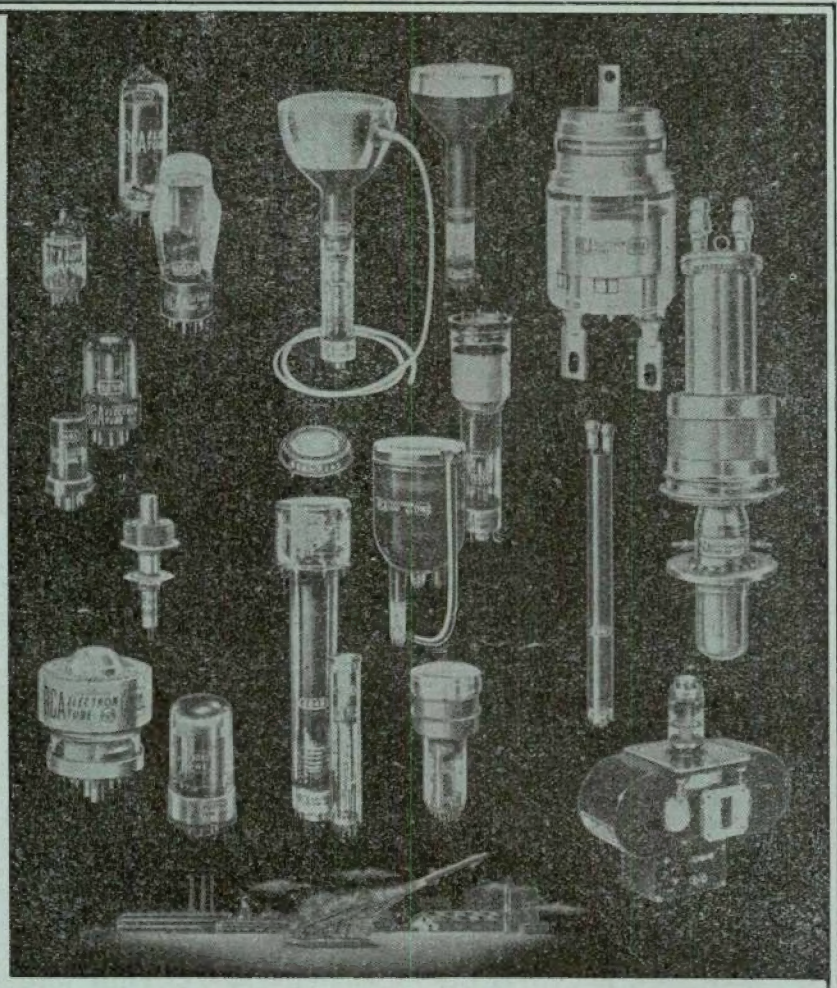
RCA

para

Calculadores Electrónicos
Reguladores de Tensão
Baixa Potência
Alta Potência
Super Potência
Câmaras de TV
UHF, "Pencil Type"
Indústria, "Special Red"
Rectificadores

•

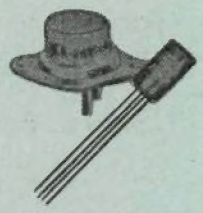
Cinescópios
Radechons
Graphechons
Fotocélulas
Fotocélulas multiplicadoras
Células fotocondutivas
Tubos de Ráios catódicos
Tiratrões
Magnetrões
Válvulas "Travelling Waves"
De memória electrónica



TRANSISTORES

RCA

...para comércio, indústria e fins militares



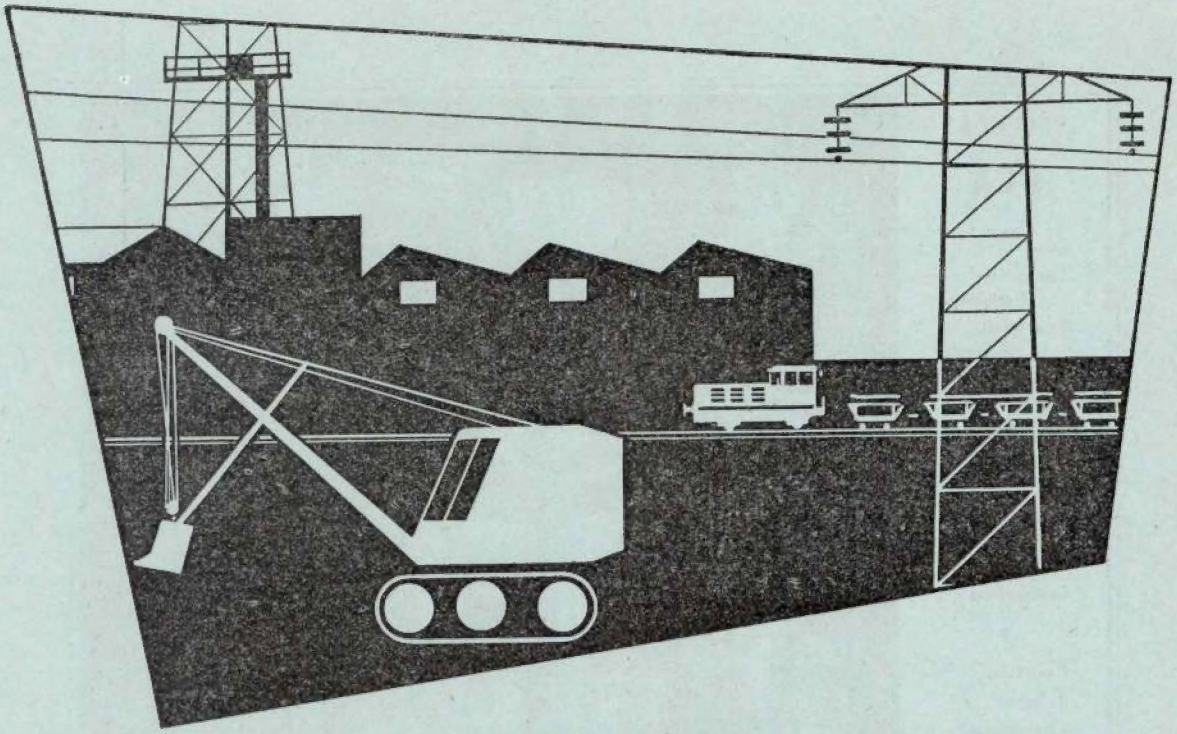
A. F. (baixa potência)
A. F. (alta potência)
R. F.
Calculadores
RECTIFICADORES DE SILICIO

RCA
AGENCIA GERAL

CONSULTE O REPRESENTANTE EXCLUSIVO:

TELECTRA

EMPRESA TÉCNICA DE EQUIPAMENTOS ELÉCTRICOS, S. A. R. L.
CAPITAL ESC. 8.000.000$00
Sede: Rua Rodrigo da Fonseca, 103 — LISBOA — Apartado 2531
Tel.: PPC (3 linhas) 686072 e Est. 396 - End. Tel. «Telectra» Lisboa-Porto
Filial no Porto: Rua dos Clérigos, 64 - 2.° — Telefone 2 48 19



MERCEDES-BENZ

MOTORES INDUSTRIAIS DIESEL

MOTORES PARA TODAS AS APLICAÇÕES INDUSTRIAIS
FAMOSOS EM TODO O MUNDO PELA SUA GRANDE ROBUSTÊS, ECONOMIA
DE CONSUMO E FACILIDADE DE MANUTENÇÃO
MODELOS DESDE 15 A 2.500 H. P.

EM ARMAZÉM:

MODELO M B 841 B	25 H. P. — 1.000 R. P. M.
MODELO M 202 B	55 H. P. — 1.200 R. P. M.
MODELO M 203 B	90 H. P. — 1.200 R. P. M.
MODELO M 204 B	120 H. P. — 1.200 R. P. M.

OUTROS MODELOS PARA ENTREGA MUITO RÁPIDA

MOTORES A 4 TEMPOS · ARREFECIMENTO POR ÁGUA
ARRANQUE A AR COMPRIMIDO OU ELÉCTRICO

REPRESENTANTES C. SANTOS LDA. — DIVISÃO MARÍTIMA E TÉCNICA

29, AV. DA LIBERDADE, 41 — LISBOA
160, R. DE S.TA CATARINA, 168 — PORTO

Celulite

ISOLAMENTO TÉRMICO DAS CONSTRUÇÕES

PAVIMENTOS

*

TECTOS

*

PAREDES

*

CÂMARAS FRIGORÍFICAS

*

ISOLAMENTOS INDUSTRIAIS

Terraços e pavimentos isolados com CELULITE no edifício da Comp.ª de Seguros Fidelidade — P. das Águas Livres — Lisboa

SETH, LDA. + RUA FILIPE FOLQUE, 10-1.º + TEL. 73 01 56 — LISBOA

Para impermeabilizar terraços, paredes, fundações, etc.

COLAGEM DE TACOS DE MADEIRA

TELEF. 73 0156 TELEG. EPALDA — LISBOA

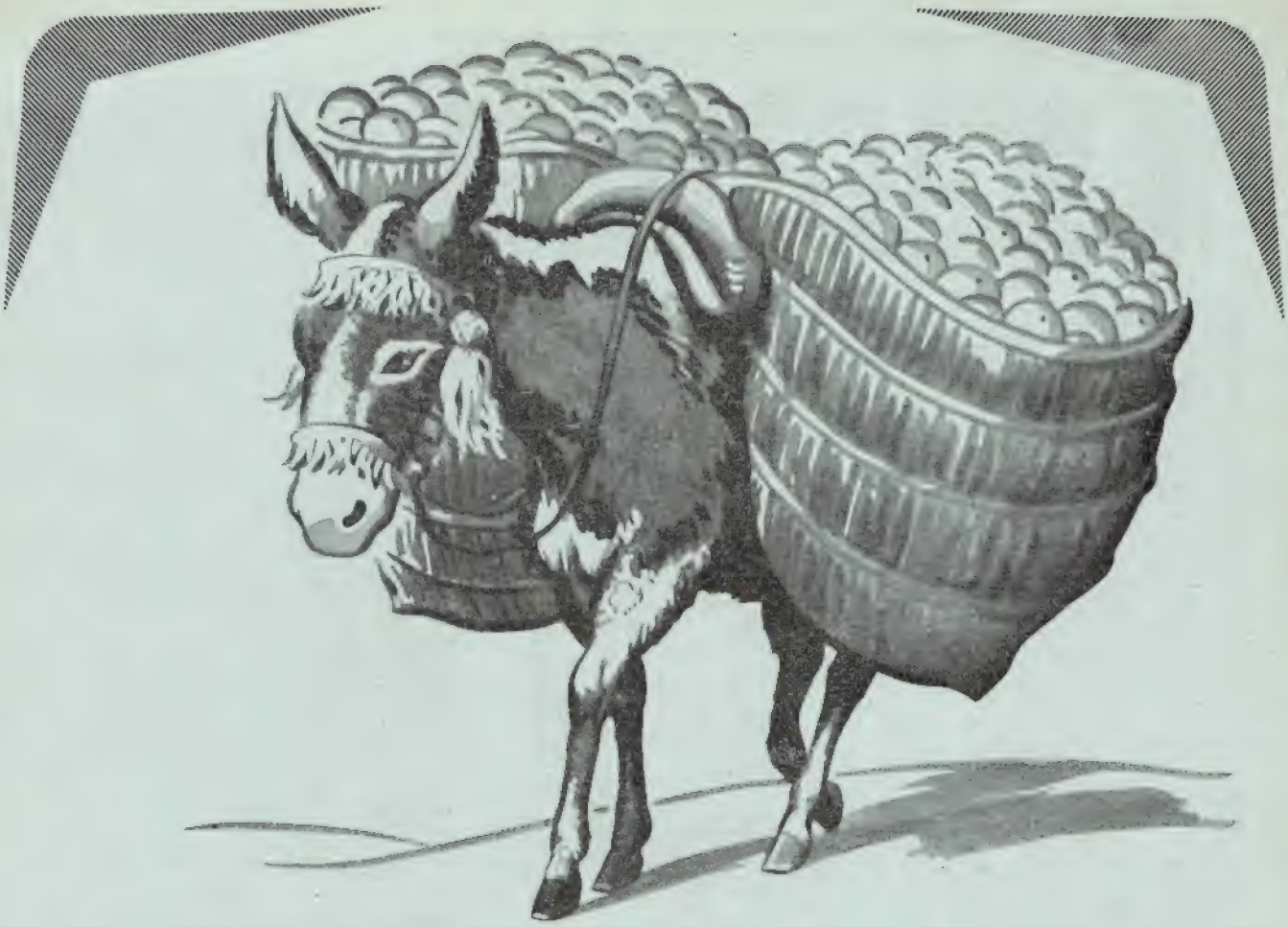
EMPREZA DE PRODUCTOS ASFÁLTICOS

IMPERMEABILISADOR

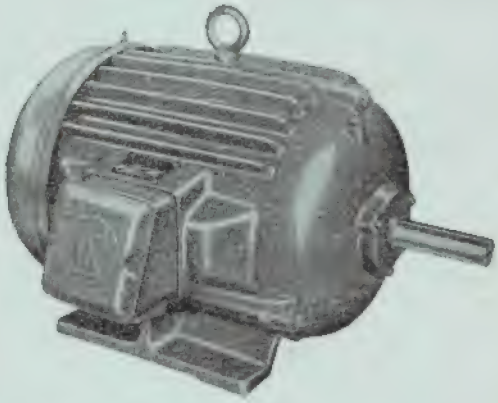
IMEPA

RUA FILIPE FOLQUE, 10-1.º - LISBOA

FÁBRICA EM SACAVÉM



-mas para a indústria...



...há sempre um motor 'ENGLISH ELECTRIC' capaz de satisfazer as exigências da carga rápida, eficiente e econòmicamente.

'ENGLISH ELECTRIC'

THE ENGLISH ELECTRIC COMPANY LIMITED, QUEENS HOUSE, KINGSWAY, LONDON, W. C. 2

AGENTES EXCLUSIVOS PARA PORTUGAL E ANGOLA:

MONTEIRO GOMES, LIMITADA

Rua Cascais, 47 (Alcântara)

LISBOA ✦ LUANDA ✦ LOURENÇO MARQUES

CAVAN

SOCIEDADE PORTUGUESA

POSTES DE BETÃO PARA LINHAS ELÉCTRICAS

MOSAICOS E AZULEJOS

COLUNAS PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

MANILHAS PARA ESGOTOS

RUA D. ESTEFÂNIA, 42

TELEF. 47812-50129

LISBOA

TOR

AÇOS DE ALTA RESISTENCIA PARA BETÃO ARMADO

SOABAL, L.da R. Joaquim Bonifácio, 2-1.º LISBOA • Telef. 4 8980

SONDAGENS RÓDIO, L.DA

LISBOA

RUA S. MAMEDE AO CALDAS, 22, 3.º

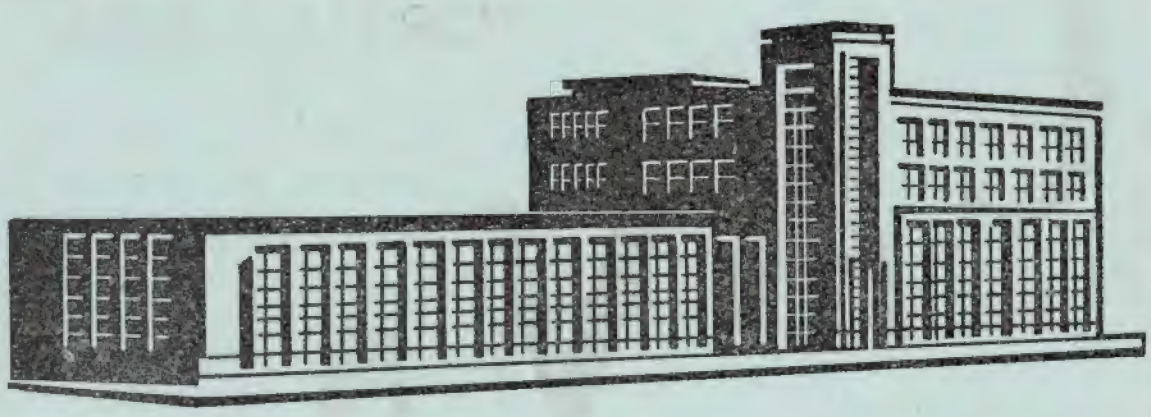
Telefones: 2 8685 - 2 6865 ✦ Telegramas: SETANSOI

RODIO

SONDAGENS GEOLÓGICAS
ESTUDOS GEOTÉCNICOS
ESTACAS GUNITA
CAPTAÇÃO DE ÁGUAS
CONGELAÇÃO DO TERRENO
IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS HIDRÁULICAS
CONSOLIDAÇÃO DE FUNDAÇÕES
ABAIXAMENTO DO LENÇOL DE ÁGUA

—//—

Engenheiro Chefe: **Walter Weyermann**



Standard Electrica S.A.R.L.

Associada da

INTERNATIONAL TELEPHONE AND TELEGRAPH CORPORATION

DE NOVA YORK

TELECOMUNICAÇÕES

ELECTRÓNICA

AV. DA INDIA — LISBOA

EMPRESA ELECTRO CERÂMICA — S. A. R. L.

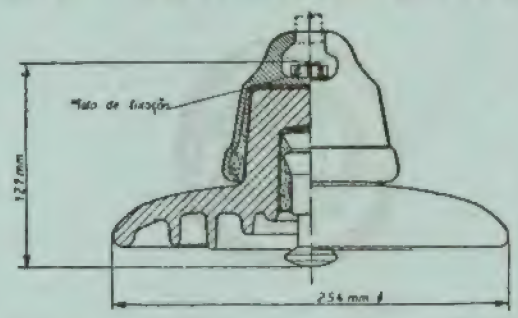
Candal — Gaia

ISOLADORES DE CADEIA

Para suspensão

Tipo ACS 25

Este isolador é igual ao tipo I. B. S. 99 da firma inglesa Taylor Tunnicliff & Co., Ltd., por acordo com a qual o fabricamos



Peso aproximado:
4,5 kg cada elemento

Materiais

Porcelana vidrada em castanho.
Campânulas de ferro fundido maleável, galvanizadas por imersão a quente.
Hastes de aço macio galvanizadas por imersão a quente.
Molas de fixação de bronze fosforoso.

Sede — Largo Barão de Quintela, 3 — LISBOA

"CIMENTOL 25"

o novo produto alemão ao serviço da **Construção Civil.**

O **«CIMENTOL 25»** aumenta as resistências dos betões à flexão e à compressão, quer aos 7 dias, quer aos 28 dias, em cerca de 10 % em média.

Usado na proporção de 25 c. c. por cada saco de 50 kg de cimento, obtém-se:

— diminuição da água de amassadura;
— aumento das resistências mecânicas do betão;
— boa trabalhidade;
— facilidade de moldagem, podendo o betão ser transportado por bombas, sem segregar;
— depois do betão endurecido, superfícies lisas.

O **«CIMENTOL 25»** foi ensaiado no Laboratório Nacional de Engenharia Civil, tendo-se verificado as propriedades mencionadas.

Fornecem-se amostras grátis

Representante em Portugal e Ultramar:

JORGE MILNE CARMO

Rua Frei Francisco Foreiro, 2 — 3.º D. — LISBOA Telefs. 4 32 81 e 4 48 61

O EMPREGO DO CIMENTO BRANCO...

permite acabamentos mais perfeitos, mais duradouros e muito mais económicos

Estude a vantagem do emprego do

CIMENTO BRANCO LUSO

Consulte os distribuidores gerais

No Sul: **SCIAL** — T. do Corpo Santo, 15 — Telef. 2 0464 — Lisboa
No Norte: **SCIAL** — R. do Bonjardim, 205 — Telef. 2 5779 — Porto

Fábrica Portugal

S. A. R. L.

LISBOA

MOBILIÁRIO METÁLICO

EM TODOS OS GÉNEROS

Instalações completas para :

Mobiliário moderno
para

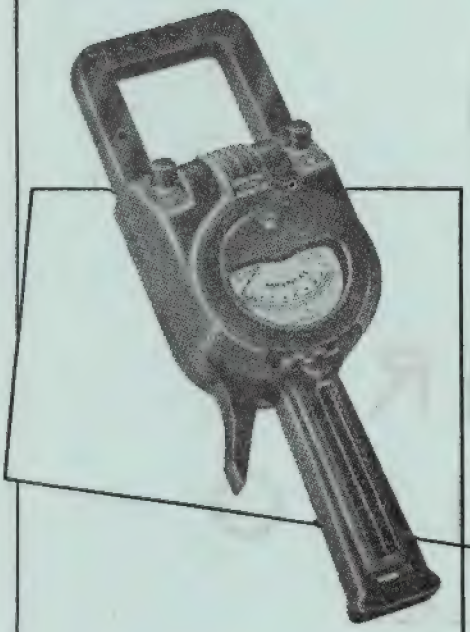
ESCRITÓRIOS
ESCOLAS
BIBLIOTECAS

CLINICAS
HOSPITAIS
SANATÓRIOS
CINEMAS
HOTÉIS
ESPLANADAS

SALAS DE EXPOSIÇÕES :

Rua Febo Moniz, 2 a 20 — Praça dos Restauradores, 49 a 57
Avenidas da República e Elias Garcia — Rua da Graça, 82 e 84

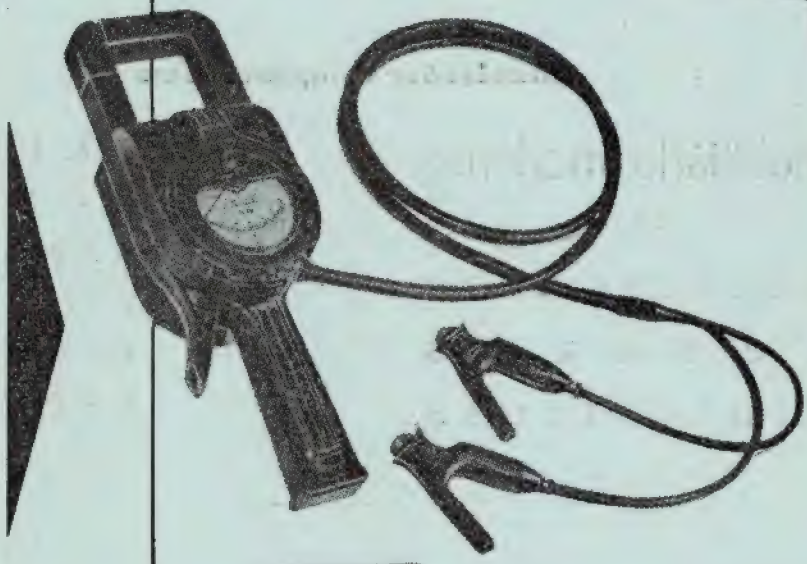
PINÇAS FERRANTI



PINÇAS VOLT—AMPERIMÉTRICAS

7 ESCALAS

EM AMPÈRES	EM VOLTS
0 – 10 AMPS.	0 – 150 V
0 – 25 »	0 – 600 »
0 – 100 »	
0 – 250 »	
0 – 1000 »	



PINÇA WATTIMÉTRICA

7 ESCALAS

0 – 3 KW
0 – 6 »
0 – 12 »
0 – 30 »
0 – 60 »
0 – 120 »
0 – 300 »

REPRESENTANTES:

C. SANTOS LDA.

29, AVENIDA DA LIBERDADE, 41 — LISBOA

DIVISÃO MARÍTIMA E TÉCNICA
T. DA GLÓRIA, 17—LISBOA
160, R. STA. CATARINA, 168—PORTO

LEACOCK (LISBOA), L.DA

AV. 24 DE JULHO, 16 — LISBOA

R. JOSÉ FALCÃO, 185 — PORTO

SECÇÃO DE MÁQUINAS E ELECTRICIDADE

REPRESENTANTES DE:

THE RAWLPLUG COMPANY, LTD.

Material de fixação para construção civil e mecânica.

HOOVER, LTD.

Motores eléctricos desde 1/8 até 3/4 H. P., Monofásicos e Trifásicos.

J. A. CRABTREE & CO. LTD.

Material para instalações de luz: interruptores, fichas, tomadas, etc.

Material para instalações de força: arrancadores, disjuntores, caixas, etc.

THE AUTOMATIC COIL WINDER AND ELECTRICAL EQUIPMENT CO, LTD.

Osciladores, capacímetros, texts universais, texts electrónicos, analisadores de válvulas, luxímetros, expositores para fotografias.

Máquinas para bobinar e enfitar.

GEORGE KENT

Contadores de água, de vapor e de óleo.

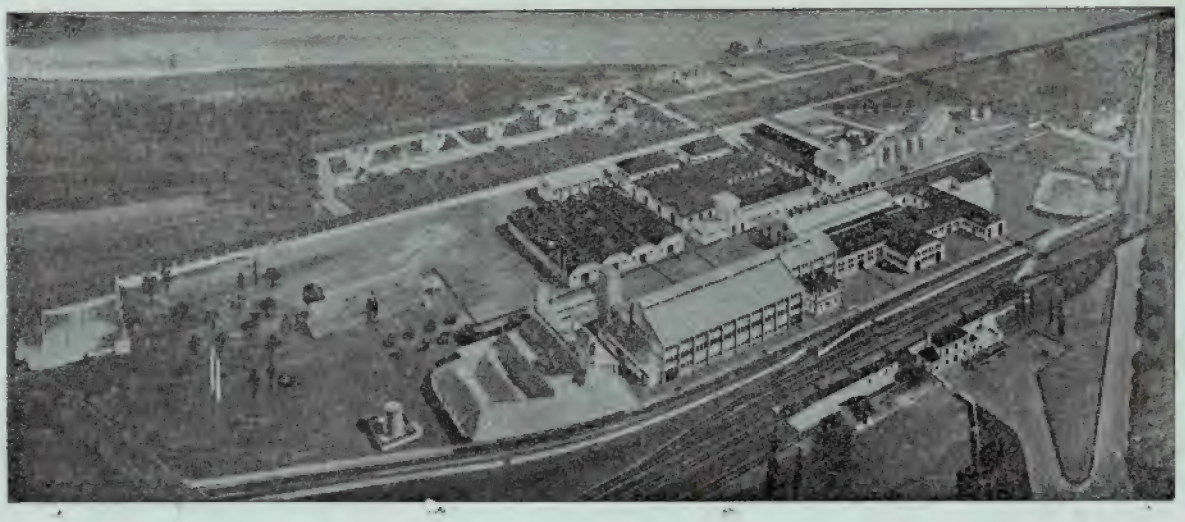
Tubos Venturi

Determinadores e controladores do pH, do CO_2 e pirómetros pelo processo potenciométrico.

Combustiómetros, manómetros, registadores de distâncias, medidores-registadores de caudais, medidores de orifícios em condutas para gases.

THORN ELECTRICAL INDUSTRIES, LTD.

Luz fluorescente.



COMPANHIA PORTUGUESA DE FORNOS ELÉCTRICOS

PRODUTORA DE

FERRO GUSA

FERRO LIGAS

FERRO-MANGANÊS

SÍLICO-MANGANÊS

FERRO-SILÍCIOS

15 % - 25 % - 45 % - 75 % - 90 %

CARBONETO DE CÁLCIO

CIANAMIDA CÁLCICA

PASTA PARA ELÉCTRODOS

E EM MONTAGEM

GRAFITE

FÁBRICAS
CANAS DE SENHORIM
Telefone 67222

SEDE
Largo de S. Carlos, 4-2.º — LISBOA
Telefones 25343-29608-368989

TÉCNICA

DIRECTOR: ALEXANDRE CERVEIRA
ADMINISTRADOR: JORGE GONÇALVES CALADO
SECRETÁRIO: HENRIQUE TELLES ANTUNES

Ano XXXV - N.º 298 Janeiro de 1960

C. D. U. 378.0018

A PROJECÇÃO DO ESPÍRITO UNIVERSITÁRIO

PELO ENG.º QUÍMICO-INDUSTRIAL LUÍS A. DE ALMEIDA ALVES
Director do I. S. T.

A definição das normas a seguir, em qualquer domínio da actividade humana, resulta da resolução de um sistema de equações adequado, traduzido nos conceitos de base sobre os quais essa actividade tem de ser estruturada.

É condição «sine-qua-non» para uma estruturação correcta que esse sistema de equações seja determinado ou, pelo menos, não incompatível. E por esta razão, a estruturação deixa de ser válida quando se acrescenta como condição obrigatória qualquer equação que não satisfaça ao sistema inicial.

Pode dizer-se mesmo que, em linhas gerais, são as novas condições que se vão acrescentando ao sistema de partida, que dão origem às divergências de opinião e às dificuldades de chegar a uma solução determinada.

Deve notar-se porém que, do ponto de vista matemático, não pode deixar de ser assim, porque uma nova equação só pode interessar ao sistema na medida em que introduzir novas variáveis; com efeito, se assim não for, ou é incompatível com as restantes ou é supérflua, isto é, não traduz qualquer conceito independente dos restantes.

Mas a introdução de novas variáveis no sistema conduz lògicamente a rever as equações já anteriormente aceites, porque nada há que possa garantir que elas possam continuar a exprimir-se ùnicamente nas variáveis primitivas.

Sendo assim, nem sempre é possível falar de «ideias assentes», nem de «conceitos errados»; qualquer destas duas fórmulas de expressão está directamente vinculada às variáveis intervenientes e por isso, uma ideia só pode ser assente enquanto apenas existirem as variáveis sobre as quais foi elaborada e um conceito não pode ser considerado errado nas condições em que foi estabelecido, pelo facto de deixar de ser válido quando o número de variáveis aumenta.

A pesquiza no domínio dos números de Mach muito elevados levou naturalmente a pôr de parte algumas ideias assentes sobre a Aerodinâmica, mas não se pode dizer, em boa verdade que, anteriormente, esta estivesse a ser desenvolvida à custa de conceitos errados.

Se no entanto, se considerarem as ideias assentes como completamente imutáveis, a expansão da pesquiza num dado domínio do conhecimento, passará a constituir, como não pode deixar de ser, uma fonte permanente de paradoxos, em virtude do aparecimento de contradições sucessivas em relação às premissas de partida.

Desde que porém, essas ideias assentes possam ser interpretadas como casos particulares de leis mais gerais só formuláveis ulteriormente, não há qualquer razão para classificar de paradoxais todas aquelas situações que resultem do processo normal da procura da «verdade», por meio de aproximações sucessivas que se vão tornando legítimas em face da ampliação crescente de cada um dos campos do conhecimento.

Não se pode considerar portanto que haja pròpriamente antagonismo entre as ideias assentes e as novas descobertas; o que existe são determinadas lacunas de interpretação ou de adaptação que, enquanto não forem preenchidas, impedem uma visão clara do conjunto dos domínios em estudo.

Toda a estrutura do conhecimento moderno assenta pois, em processos de interpretação e de adaptação o que exige naturalmente que, no edifício social, existam pessoas com a formação indispensável para a visão integral dos problemas.

É este tipo de formação que constitui, aliás, uma das ideias assentes no delineamento da formação universitária. Apenas há que averiguar até que ponto essas ideias assentes podem ser afectadas pelas transformações do Mundo Moderno e dos imperativos técnico-sociais do progresso das Nações.

* * *

Numa análise do problema da especialização feita há três anos (1), escreveu-se:

. . . . . .

«Encarando a questão com o máximo de realismo, não se pode negar que a especialização constitua uma contracção forçada na expansão natural dos espíritos em formação; mas isso em nada tira o seu carácter de necessidade.

«Sendo assim, é-se conduzido a uma conclusão paradoxal — a de que o progresso se consegue à custa da amputação do livre curso do desenvolvimento das faculdades intelectuais, cingindo-as a limites estreitos de evolução.

. . . . . .

«A especialização que se identifica com a noção de «articulação simples», aparece portanto, como uma fase transitória, quer na preparação individual, quer na posição ao longo da estrutura técnica.

«Note-se, porém, que *transitório* não é sinónimo de *dispensável*. Com efeito, o ensino universitário, embora não superficial, não pode ser conduzido no sentido de qualquer especialização, por isso limitar o aspecto fundamental das bases teóricas específicas. É a especialização «post-escolar» que dá a medida das faculdades de realização integral, de domínio local dos problemas, de capacidade de análise das dificuldades de execução. Salvo em casos especiais de problemas de interesse excepcional, é um estágio sem «beleza» de conjunto, mas em que se toma a consciência da potencialidade de criar e progredir.

«A passagem às articulações mais complexas representa um regresso aos fundamentos teóricos, mas agora encarados em função da experiência das especializações a que deram a necessária vitalidade. É uma segunda fase de formação que começa, mais profunda, mais científica e ilimitada na sua expansão.»

. . . . . .

Neste quadro da evolução normal da vida profissional do universitário, aparece-nos portanto, um longo e árduo período de preparação e enquadramento, no qual a preparação escolar é posta à prova, e cujos resultados vão ser decisivos no aspecto da valorização futura.

Resulta portanto, que o «período de especialização» não corresponde, na realidade, sob o ponto de vista profissional, a um período de visão integral dos problemas, não satisfazendo por isso, aparentemente, à aplicação da formação universitária na sua essência.

Não se pode esquecer porém, que as frases transcritas surgiram como consequência de três premissas de base constantes também do artigo citado e que se enumeram a seguir.

1) — A potencialidade do progresso é tanto maior quanto maior for o grau de especialização atingido.

2) — Quanto maior for o grau de especialização, menor é a zona do conhecimento que pode ser aproveitada.

3) — Quanto maior for o grau de especialização, maior tem de ser a complexidade da estrutura técnica para a enquadrar no conjunto produtivo.

---

(1) «Técnica», n.º 265, Outubro de 1956, pág. 1.

Haverá pois, que analisar quais as repercussões mais ou menos directas que a admissão da validade destas premissas pode vir a ter sobre os moldes de elaboração da formação universitária.

* * *

Consideremos como exemplo, o caso de um engenheiro recém-formado que entra ao serviço de uma empresa que o encarrega de se especializar no seguinte campo: Propriedades do betão submetido à acção de vapores de tetrafluoreto de silício.

Dado que o tema é mal conhecido, a hipótese posta é perfeitamente viável, não repugnando aceitar que a especialização requerida exigisse cinco anos de estudo, atendendo ao elevado número de ensaios a fazer e à necessidade de acompanhar a longo prazo, as reacções de ritmo muito lento.

No fim desse tempo, o engenheiro ficaria sendo uma autoridade no campo estudado, estaria conceituado dentro da empresa e não teria feito recurso em larga escala à «visão integral dos problemas», salvo nesse campo específico que lhe interessava. Em compensação teria tido de revelar qualidades aceitáveis de investigador.

Encarado o problema sob o ângulo oposto, poder-se-ia discutir a necessidade de confiar a um universitário um problema circunscrito que não envolvia uma série de dados de naturezas diferentes, que houvesse que concatenar para obtenção de um resultado de conjunto.

Há no entanto, um ponto que não pode oferecer qualquer dúvida — é que o trabalho enunciado não podia ser levado a efeito por um indivíduo sem nível universitário.

Com efeito, o cimento é um material complexo, não só por seguir, no aspecto de composição, uma evolução ao longo de curvas de aquecimento e de arrefecimento de um diagrama ternário com a existência de várias fases, como também por conter outros componentes que alteram essas curvas ideais. Por outro lado, cada um dos constituintes, quìmicamente individualizado, reage de maneira específica com a água, conferindo ao betão uma composição definida e teòricamente previsível. A adição de mais um reagente — o tetrafluoreto de silício — vai dar origem a uma série de reacções desconhecidas e que podem ser completamente determinadas pela interpretação dos ensaios feitos em todos os seus pormenores.

Essa interpretação tem os seus fundamentos últimos na Ciência já publicada em livros e revistas, a qual pela sua própria natureza e pela sua estruturação, obriga a conhecer a línguagem da Matemática, a linguagem da Física e a linguagem da Química para se tornar inteligível na correlação conjunta dos fenómenos considerados.

Acontece ainda que a programação das experiências não obedece a rotinas já fixadas — por se tratar de um assunto desconhecido — e por isso tem de ser o resultado do poder criador da pessoa responsável pelas conclusões, a qual poderá ser obrigada inclusivamente, a adoptar novos métodos de análise ou a prescrever novas técnicas para os ensaios de resistência mecânica ou de resistência à corrosão.

Pode afirmar-se portanto, que um trabalho deste género só pode ser realizado por um universitário, e sendo assim, é legítimo perguntar como se manifesta a característica universitária da «visão integral dos problemas».

* * *

Quando se compara a Ciência dos nossos dias com aquela que se estruturou até ao século XVIII, encontra-se uma pequena diferença, que embora subtil, introduz uma alteração radical na filosofia da cultura. Essa diferença reside no ritmo forçado que passou a exigir do universitário *preparação para criar Ciência* e não apenas *erudição para aplicar Ciência.*

Deste modo, a «visão integral dos problemas» passou a ter um significado muito mais profundo. Não se trata já de saber enquadrar cada domínio do conhecimento, no panorama da cultura do tempo, mas de ser capaz de prever as consequências de toda a ordem, de cada facto novo e de cada alteração.

Vai-se portanto, além de uma atitude de ânsia de conhecer e de sentir os problemas humanos que surgem como repercussão do exercício de actividades conhecidas, porque é necessário ser-se capaz

de formular juízos exactos acerca da projecção integral das novas realizações no campo do desconhecido.

Nada impede que essa projecção se faça sentir em campos de acção não exclusivamente técnicos, o que acontece quando o universitário passa, na sua vida profissional, para os campos fora da sua especialização específica; mas, ainda nesse caso, o problema continua a manter o mesmo carácter de rigor científico e de profundidade de análise.

Pode acontecer que um universitário falhe no «período da especialização» alegando para isso, que os seus «anseios» estão nos problemas humanos que hão-de aparecer nas fases subsequentes da sua evolução na hierarquia técnica. Foi nesse sentido que ele orientou a sua formação universitária.

Mas se falhou no período da especialização, isso quer dizer que falhou na primeira fase da profissão, e portanto, não deve esperar ser promovido ao longo da hierarquia técnica, em detrimento dos bons profissionais que continuam a exercer a sua acção dentro de limites estreitos.

Pode argumentar-se que normalmente os bons profissionais foram os bons alunos na Escola, os quais pelo tempo perdido com o estudo, nunca tiveram tempo para se dedicarem em larga escala à «cultura humanista» e, por isso, aqueles que foram piores alunos, mas se interessaram pelos problemas humanos, estão em melhores condições para serem dirigentes.

Este argumento só aparentemente é aceitável porque as qualidades potenciais para dirigir não estão pròpriamente no ecletismo de cultura (1), mas sim na capacidade de equacionar os problemas e esta adquire-se principalmente através dos hábitos de precisão científica, o que não quer dizer que não possa resultar da experiência colhida na vida industrial.

Neste ponto, pode objectar-se também, que o equacionamento dos problemas, quando eivado de tecnicismo, faz esquecer, nas relações humanas, os factores psicológicos e morais que passam a ter nesse caso, uma importância fundamental. O argumento é válido e é por isso que em certos países se efectuam cursos especiais para dirigentes, como se diz, por exemplo, no artigo citado, a propósito dos Estados Unidos:

. . . . . .

«Desse inquérito resultou a convicção de que na generalidade, os especialistas precisam de uma preparação teórica *ulterior* para exercerem funções directivas. E essa preparação ulterior pode ser adquirida nas Universidades, das quais a primeira a ter um curso formal foi o «Massachussetts Institute of Techonology» em 1931».

. . . . . .

A cultura humanista é um meio de enquadramento da profissão no meio social e como tal é um instrumento de valorização do profissionalismo. Considerada porém, como um fim em si, dissociada da importância social da profissão, carece de suporte material para se aplicar e se desenvolver.

Não se pode esquecer que, se é certo que as Nações precisam muito de dirigentes, precisam de muito maior número de pessoas que investiguem e que realizem; e normalmente, os futuros dirigentes técnicos serão escolhidos entre aqueles que já tiverem dado provas nas suas funções circunscritas.

A frequência de alunos nas Universidades tem aumentado enormemente nos últimos anos, enquanto que o número de lugares directivos das Nações permanece sensìvelmente constante. Por isso, os universitários não se destinam a ser dirigentes, pouco tempo após sairem da Escola; só o serão em geral, depois de uma evolução progressiva, através das articulações cada vez mais complexas da estrutura técnica em que prestam serviço.

As empresas e as Nações estão constantemente a braços com problemas de sobrevivência económica e estes só se resolvem com a dedicação integral dos seus técnicos, a qual só se consegue completamente se eles tiverem entusiasmo e orgulho em serem técnicos.

Mas o universitário para se «realizar» através da profissão, como técnico, faz um sacrifício que está implícito nas limitações a que tem de se subordinar. Por isso, a aceitação voluntária e consciente desse sacrifício, como um parâmetro irremovível que o transcende, reflecte no sentido mais lato e mais objectivo a sua capacidade de «visão integral dos problemas».

---

(1) A que é costume actualmente dar o nome de «cultura equilibrada».

MAGUE

CONSTRUÇÕES METALO-MECÂNICAS MAGUE, L.DA
(S. E. MONIZ DA MAIA & VAZ GUEDES, L.DA)
Alverca — Portugal

Condutas forçadas para a Central de Miranda do Douro.
Diâmetro interior 6 m — Comprimento total das condutas 147 m
Aspecto do transporte de 1 das virolas entre o parque de condutas e o local de montagem.

•

PROJECTO E FABRICO DE
PONTES ROLANTES
GUINDASTES
GRUAS. DERRICKS E GUINCHOS
APARELHOS DE ELEVAÇÃO ESPECIAIS
CONSTRUÇÕES METÁLICAS PESADAS

COMPORTAS
TURBINAS
CONDUTAS FORÇADAS
BLINDAGENS

DIVISÃO METALO-MECÂNICA

COMPANHIA UNIÃO FABRIL

AVENIDA 24 DE JULHO, 170—LISBOA

comporta da barragem do Maranhão construída pela companhia união fabril

C. D. U. 539.3:518.5

Sistemas Elásticos de *n* Graus de Liberdade

PELO ENG.º MECÂNICO (I. S. T.) ANTÓNIO GOUVÊA PORTELA
Prof. do I. S. T.

II Capítulo

Este capítulo é destinado a efectuar aplicações do método apresentado no capítulo anterior(1).

Designaremos por aplicações, uma fase intermédia entre a proposição do método com toda a generalidade, e a resolução de problemas numéricos.

O método apresentado envolve a necessidade de substituir a «realidade» por um modelo físico aproximado para o qual se sabem aplicar as regras deduzidas.

O modelo físico adoptado exige:

— que o sistema seja definível por n parâmetros;
— que os coeficientes das matrizes sejam constantes.

Nas aplicações a fazer há que explicar como foi substituída a realidade por um modelo físico aproximado, e depois como se aplicou o método.

As aplicações 1, 2 e 3 interessam a sistemas de massas concentradas em pontos, ligadas viscosa e elàsticamente entre si e com o meio exterior ao sistema.

A aplicação 4 mostra como o método pode ser aplicado ao caso particular de uma cambota de uma máquina alternativa.

A aplicação 5 trata do problema geral da suspensão de sólidos (como por exemplo, de um motor). Esta suspensão é elástica e viscosa.

A resolução de problemas numéricos será feita oportunamente pelo Eng.º Neves da Silva.

1.ª Aplicação

A) **Calcular as frequências próprias do sistema indicado na fig. 1 e o movimento forçado respectivo**

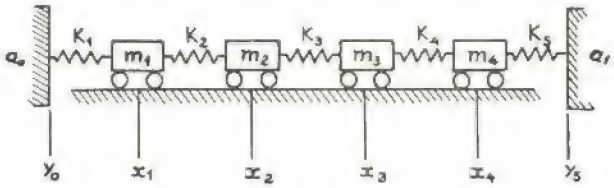


Fig. 1

Um sistema de 4 massas (m_1, m_2, m_3 e m_4) está ligado por meio de 3 molas (K_2, K_3 e K_4) e é sujeito a forças exteriores resultantes de deslocamentos (y_0 e y_5) dos apoios (a_0 e a_1) ligados ao sistema por intermédio de molas (K_1 e K_5). Sobre as massas actuam forças externas respectivamente designadas por F_1, F_2, F_3 e F_4.

As condições de equilíbrio dinâmico permitem escrever imediatamente

$$\begin{cases} m_1 x_1'' + K_1 (x_1 - y_0) - K_2 (x_2 - x_1) = F_1 \\ m_2 x_2'' + K_2 (x_2 - x_1) - K_3 (x_3 - x_2) = F_2 \\ m_3 x_3'' + K_3 (x_3 - x_2) - K_4 (x_4 - x_3) = F_3 \\ m_4 x_4'' + K_4 (x_4 - x_3) - K_5 (y_5 - x_4) = F_4 \end{cases} \qquad (2,1)$$

(1) Ver pág. 73 e seguintes da Técnica n.º 296.

A expressão (2,1) poderá escrever-se ainda sob a forma seguinte:

$$\begin{cases} m_1 x_1'' + (K_1 + K_2)\, x_1 - K_2\, x_2 = F_1 + K_1\, y_0 \\ m_2 x_2'' - K_2\, x_1 + (K_2 + K_3)\, x_2 - K_3\, x_3 = F_2 \\ m_3 x_3'' - K_3\, x_2 + (K_3 + K_4)\, x_3 - K_4\, x_4 = F_3 \\ m_4 x_4'' - K_4\, x_3 + (K_4 + K_5)\, x_4 = F_4 + K_5\, y_5 \end{cases} \tag{2,2}$$

Seguindo o método indicado no capítulo anterior, a partir do sistema (2,2) podem formar-se as seguintes matrizes e vectores:

$$\underset{(4,4)}{M} = \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} x_1 & x_2 & x_3 & x_4 \end{array} \\ \begin{vmatrix} m_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & m_4 \end{vmatrix} \end{array} \qquad \underset{(4,1)}{x} = \begin{vmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{vmatrix}$$

$$\underset{(4,4)}{M_\alpha^{-1}} = \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} x_1 & x_2 & x_3 & x_4 \end{array} \\ \begin{vmatrix} (K_1 + K_2) & -K_2 & 0 & 0 \\ -K_2 & (K_2 + K_3) & -K_3 & 0 \\ 0 & -K_3 & (K_3 + K_4) & -K_4 \\ 0 & 0 & -K_4 & (K_4 + K_5) \end{vmatrix} \end{array} \quad \text{e} \quad \underset{(4,1)}{{}_e f} = \begin{vmatrix} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \\ F_4 \end{vmatrix}$$

$$\underset{(4,4)\ (4,2)}{M_\alpha^{-1} \cdot M_\beta} = \begin{array}{c} \begin{array}{cc} y_0 & y_5 \end{array} \\ \begin{vmatrix} K_1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & K_5 \end{vmatrix} \end{array} \qquad \underset{(2,1)}{y} = \begin{vmatrix} y_0 \\ y_5 \end{vmatrix}$$

O sistema (2,2) poderá então escrever-se

$$\boxed{M \,.\, D^2 x + M_\alpha^{-1} \,.\, x = M_\alpha^{-1} \,.\, M_\beta \,.\, y + {}_e f} \tag{2,3}$$

B) **Frequências próprias**

Para determinar as *frequências próprias* do sistema faz-se ${}_e f = 0$ e $y = 0$, e aplicando o método indicado na alínea B) do I Cap., teremos:

$$\det \left| p^2 \,.\, M + M_\alpha^{-1} \right| = 0$$

ou seja:

$$\det \left\{ \begin{vmatrix} p^2 m_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & p^2 m_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & p^2 m_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & p^2 m_4 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} (K_1 + K_2) & -K_2 & 0 & 0 \\ -K_2 & (K_2 + K_3) & -K_3 & 0 \\ 0 & -K_3 & (K_3 + K_4) & -K_4 \\ 0 & 0 & -K_4 & (K_4 + K_5) \end{vmatrix} \right\} = 0$$

ou

$$\det \begin{vmatrix} (p^2 m_1 + K_1 + K_2) & -K_2 & 0 & 0 \\ -K_2 & (p^2 m_2 + K_2 + K_3) & -K_3 & 0 \\ 0 & -K_4 & (p^2 m_3 + K_3 + K_4) & -K_4 \\ 0 & 0 & -K_4 & (p^2 m_4 + K_4 + K_5) \end{vmatrix} = 0 \tag{2,4}$$

cuja resolução fornece uma equação de 8.ª ordem em p da forma

$$\alpha_8 p^8 + \alpha_6 p^6 + \alpha_4 p^4 + \alpha_2 p^2 + \alpha_0 p^0 = 0 \tag{2,5}$$

Fazendo $\qquad q = p^2 \qquad$ ou $\qquad p = \pm\sqrt{q}$

poderá ainda escrever-se :

$$\alpha_8 q^4 + \alpha_6 q^3 + \alpha_4 q^2 + \alpha_2 q + \alpha_0 = 0 \tag{2,6}$$

O integral da equação homogénea dada, será

$$\begin{cases} x_1 = C_{11} \cdot e^{p_1 t} + C_{12} \cdot e^{p_2 t} + \ldots + C_{18} \cdot e^{p_8 t} \\ x_2 = C_{21} \cdot e^{p_1 t} + C_{22} \cdot e^{p_2 t} + \ldots + C_{28} \cdot e^{p_8 t} \\ x_3 = C_{31} \cdot e^{p_1 t} + C_{32} \cdot e^{p_2 t} + \ldots + C_{38} \cdot e^{p_8 t} \\ x_4 = C_{41} \cdot e^{p_1 t} + C_{42} \cdot e^{p_2 t} + \ldots + C_{48} \cdot e^{p_8 t} \end{cases} \tag{2,7}$$

Voltando à equação característica (2,5) e fazendo $q = p^2/(-K/m)$, poderá escrever-se :

$$q^4 + C_3 q^3 + C_2 q^2 + C_1 q + C_0 = 0$$

sendo :

$$C_3 = -\frac{m}{K}\left(\frac{K_1 + K_2}{m_1} + \frac{K_2 + K_3}{m_2} + \frac{K_3 + K_4}{m_3} + \frac{K_4 + K_5}{m_4}\right)$$

$$C_2 = \left(\frac{m}{K}\right)^2 \left(\frac{K_1 K_2 + K_2 K_3 + K_3 K_1}{m_1\, m_2} + \frac{K_2 K_3 + K_3 K_4 + K_4 K_2}{m_2\, m_3} + \frac{K_3 K_4 + K_4 K_5 + K_5 K_3}{m_3\, m_4} + \right.$$

$$\left. + \frac{(K_1 + K_2)\ (K_3 + K_4)}{m_1\, m_3} + \frac{(K_2 + K_3)\ (K_4 + K_5)}{m_2\, m_4} + \frac{(K_4 + K_5)\ (K_1 + K_2)}{m_4\, m_1}\right)$$

$$C_1 = -\left(\frac{m}{K}\right)^3 \left(\frac{K_1 K_2 K_3 + K_2 K_3 K_4 + K_3 K_4 K_1 + K_4 K_1 K_2}{m_1\, m_2\, m_3} + \right. \tag{2,8}$$

$$+ \frac{K_2 K_3 K_4 + K_3 K_4 K_5 + K_4 K_5 K_2 + K_5 K_2 K_3}{m_3\, m_4\, m_1} +$$

$$\left. + \frac{(K_1 + K_2)\,(K_3 K_4 + K_4 K_5 + K_5 K_2)}{m_3\, m_4\, m_1} + \frac{(K_4 + K_5)\ (K_1 K_2 + K_3 K_2 + K_3 K_1)}{m_4\, m_1\, m_2}\right)$$

$$C_0 = \left(\frac{m}{K}\right)^4 \cdot \frac{K_1 K_2 K_3 K_4 + K_2 K_3 K_4 K_5 + K_3 K_4 K_5 K_1 + K_4 K_5 K_1 K_2 + K_5 K_1 K_2 K_3}{m_1\, m_2\, m_3\, m_4}$$

Veja-se referência n.º 1, pág. 373 (1).

C) Movimento forçado

Designando dum modo geral por $x^i = a_i\, e^{st}$ da alínea c) do 1.º Capítulo, poderá escrever-se

$$[a_i] = \{s^2 M + s\,(R + r_a) + M\,\alpha^{-1}\}^{-1} \cdot \{(M\,\alpha^{-1} \cdot M\beta + r_o\, s) \cdot [h_e] + [g_i]\}$$

Não havendo amortecimento, será $R = r_a = r_o = 0$

---

(1) Essa referência aparecerá no fim deste capítulo.

$$s^2 M + M_\alpha^{-1} = \begin{vmatrix} (s^2 m_1 + K_1 + K_2) & -K_2 & 0 & 0 \\ -K_2 & (s^2 m_2 + K_2 + K_3) & -K_3 & 0 \\ 0 & -K_3 & (s^2 m_3 + K_3 + K_4) & -K_4 \\ 0 & 0 & -K_4 & (s^2 m_4 + K_4 + K_5) \end{vmatrix} \quad (2,9)$$

$$M_\alpha^{-1} . M_\beta = \begin{vmatrix} K_1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & K_5 \end{vmatrix}$$

$$[h_e] = \begin{vmatrix} x_0 \\ x_5 \end{vmatrix} \qquad [g_i] = \begin{vmatrix} f_1 \\ f_2 \\ f_3 \\ f_4 \end{vmatrix}$$

Sendo x_0 e x_5 as amplitudes de y_0 e y_5 e f_1, f_2, f_3 e f_4 as amplitudes de F_1, F_2, F_3 e F_4. Donde:

$$M_\alpha^{-1} . M_\beta . [h_e] = \begin{vmatrix} K_1 x_0 \\ 0 \\ 0 \\ K_5 x_5 \end{vmatrix}$$

$$M_\alpha^{-1} . M_\beta . [h_e] + [g_i] = \begin{vmatrix} K_1 x_0 \\ 0 \\ 0 \\ K_5 x_5 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} f_1 \\ f_2 \\ f_3 \\ f_4 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} (K_1 x_0 + f_1) \\ f_2 \\ f_3 \\ (K_5 x_5 + F_4) \end{vmatrix}$$

e, finalmente:

$$[a_i] = \left\{ s^2 M + M_\alpha^{-1} \right\}^{-1} . \begin{vmatrix} (K_1 x_0 + f_1) \\ f_2 \\ f_3 \\ (K_5 x_5 + f_4) \end{vmatrix} \quad (2,10)$$

Designando por Δ o determinante da matriz $\left\{ s^2 M + M_\alpha^{-1} \right\}$ poderá escrever-se imediatamente:

$$a_1 = \frac{1}{\Delta} . \det \begin{vmatrix} (K_1 x_0 + f_1) & -K_2 & 0 & 0 \\ f_2 & (s^2 m_2 + K_2 + K_3) & -K_3 & 0 \\ f_3 & -K_3 & (s^2 m_3 + K_3 + K_4) & -K_4 \\ (K_5 x_5 + f_4) & 0 & -K_4 & (s^2 m_4 + K_4 + K_5) \end{vmatrix} \quad (2,11)$$

Dum modo idêntico se formariam: a_2, a_3 e a_4.

Para a hipótese de $f_1 = f_2 = f_3 = f_4 = 0$, a referência n.º 1 fornece as seguintes soluções:

$$a_1 = \frac{1}{\Delta} . \Big\{ K_1 \Big[(s^2 m_2 + K_2 + K_3) . (s^2 m_3 + K_3 + K_4) . (s^2 m_4 + K_4 + K_5) -$$

$$- K_3^2 (s^2 m_4 + K_4 + K_5) - K_4^2 (s^2 m_2 + K_2 + K_3) \Big] . x_0 + K_2 K_3 K_4 K_5 . x_5 \Big\}$$

$$a_2 = \frac{1}{\Delta} \cdot \left\{ K_1 K_2 \left[(s^2 m_3 + K_3 + K_4) \cdot (s^2 m_4 + K_4 + K_5) - K_4^2 \right] \cdot x_0 + \right. \tag{2,12}$$

$$\left. + K_3 K_4 K_5 (s^2 m_1 + K_1 + K_2) \cdot x_5 \right\}$$

$$a_3 = \frac{1}{\Delta} \cdot \left\{ K_1 K_2 K_3 (s^2 m_4 + K_4 + K_5) \cdot x_0 + K_4 K_5 [(s^2 m_1 + K_1 + K_2) \cdot (s^2 m_2 + K_2 + K_3) - K_2^2] \cdot x_5 \right\}$$

$$a_4 = \frac{1}{\Delta} \cdot \left\{ K_1 K_2 K_3 K_4 \cdot x_0 + K_5 [(s^2 m_1 + K_1 + K_2) \cdot (s^2 m_2 + K_2 + K_3) \cdot (s^2 m_3 + K_3 + K_4) - \right.$$

$$\left. - K_2^2 (s^2 m_3 + K_3 + K_4) - K_3^2 (s^2 m_1 + K_1 + K_2)] \cdot x_5 \right\}$$

Conhecidas as amplitudes a_1, a_2, a_3 e a_4 e as frequências p que tornam a determinante Δ nulo, têm-se todos os elementos para estudar o problema.

2.ª Aplicação

A) Resolver o problema referido na 1.ª aplicação mas na hipótese de haver amortecimento aplicado às massas

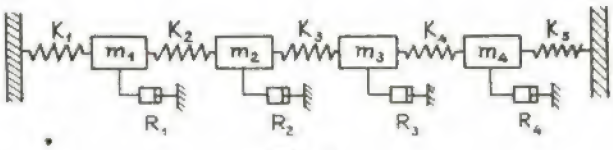


Fig. 2

O sistema de equações diferenciais que define o movimento será:

$$\begin{cases} m_1 x_1'' + K_1 (x_1 - y_0) - K_2 (x_2 - x_1) + R_{11} x_1' = F_1 \\ m_2 x_2'' + K_2 (x_2 - x_1) - K_3 (x_3 - x_2) + R_{22} x_2' = F_2 \\ m_3 x_3'' + K_3 (x_3 - x_2) - K_4 (x_4 - x_3) + R_{33} x_3' = F_3 \\ m_4 x_4'' + K_4 (x_4 - x_3) - K_5 (y_5 - x_4) + R_{44} x_4' = F_4 \end{cases} \tag{2,13}$$

As matrizes M, M_α^{-1}, $M_\alpha^{-1} M_\beta$ já foram formadas anteriormente. Há apenas que formar a matriz $(R + r_a)$.

Como só existem resistências da forma R_{11}, R_{22}, etc., será

$$r_a = 0$$

e

$$R = \begin{vmatrix} R_{11} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & R_{22} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & R_{33} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & R_{44} \end{vmatrix} \tag{2,14}$$

e a equação matricial do movimento que permite calcular as frequências próprias do sistema, será:

$$\det \left| p^2 M + p R + M_\alpha^{-1} \right| = 0$$

ou

$$\det \left| (p^2 M + M_\alpha^{-1}) + pR \right| = 0 \tag{2,15}$$

ou ainda:

$$\det \begin{vmatrix} (p^2 m_1 + p R_1 + K_1 + K_2) & -K_2 & 0 & 0 \\ -K_2 & (p^2 m_2 + p R_2 + K_2 + K_3) & -K_3 & 0 \\ 0 & -K_3 & (p^2 m_3 + p R_3 + K_3 + K_4) & -K_4 \\ 0 & 0 & -K_4 & (p^2 m_4 + p R_4 + K_4 + K_5) \end{vmatrix} = 0 \qquad (2,16)$$

que fornece uma equação da forma:

$$\alpha_8 p^8 + \alpha_7 p^7 + \alpha_6 p^6 + \alpha_5 p^5 + \alpha_4 p^4 + \alpha_3 p^3 + \alpha_2 p^2 + \alpha_1 p + \alpha_0 = 0 \qquad (2,17)$$

B) **Movimento forçado**

É fácil de ver que as amplitudes do movimento de qualquer das massas será dado pela fórmula matricial seguinte:

$$[a_i] = \{ s^2 M + s Ra + M_\alpha^{-1} \}^{-1} \cdot \begin{vmatrix} (K_1 x_0 + f_1) \\ f_2 \\ f_3 \\ (K_5 x_5 + f_5) \end{vmatrix} \qquad (2,18)$$

3.ª Aplicação

Calcular as frequências torsionais próprias duma árvore de manivelas (cambota) de um motor de 4 cilindros em linha

Vamos admitir as seguintes hipóteses:

1) As massas em movimento de rotação relativas a cada manivela tem momentos de inércia em relação ao eixo de rotação respectivamente iguais a I_1, I_2, I_3 e I_4.
2) O volante tem um momento de inércia tão elevado que se pode considerar infinito em relação a qualquer dos I_i.
3) A rigidez torsional entre duas manivelas i e k é dada pela constante K_{ik}, variável de manivela para manivela.
4) O amortecimento resultante do atrito nas chumaceiras é avaliado em R_{ii} para a manivela i.

O sistema de equação diferenciais tradutoras do movimento é:

$$\begin{cases} I_1 \theta_1'' + K_{01} (\theta_1 - \tau_0) - K_{12} (\theta_2 - \theta_1) + R_{11} \theta_1' = M_1 \\ I_2 \theta_2'' + K_{12} (\theta_2 - \theta_1) - K_{23} (\theta_3 - \theta_2) + R_{22} \theta_2' = M_2 \\ I_3 \theta_3'' + K_{23} (\theta_3 - \theta_2) - K_{34} (\theta_4 - \theta_3) + R_{33} \theta_3' = M_3 \\ I_4 \theta_4'' + K_{34} (\theta_4 - \theta_3) - K_{45} (\tau_5 - \theta_4) + R_{44} \theta_4' = M_4 \end{cases} \qquad (2,19)$$

Expressão formalmente idêntica a (2,13) e cuja solução já foi dada ao resolver a 2.ª Aplicação.

A integração, porém, não se pode fazer directamente porque, em geral, M_i e τ_0, τ_5 não são funções harmónicas mas apenas periódicas.

O método usado nestas circunstâncias consiste em desenvolver em série de Fourier as respectivas funções, obtendo-se

$$M_i = M_{0i} + \sum_{k=1}^{n} A_{ki} \cos (kBt) + \sum_{k=1}^{n} B_{ki} \operatorname{sen} (kBt)$$

e

$$\tau_i = \tau_{0i} + \sum_{k=1}^{n} C_{ki} \cos (kBt) + \sum_{k=1}^{n} D_{ki} \operatorname{sen} (kBt)$$

sendo

$$M_{0i}, A_{ki}, B_{ki}$$
$$\tau_{0i}, C_{ki}, D_{ki}$$

Constantes paramétricas determináveis a partir das funções dadas: M_i e τ_i.

B é a frequência fundamental medida em radianos por segundo, sendo:

$$\text{Para motores a 2 tempos } B = 2\pi \frac{n}{60}$$

$$\text{Para motores a 4 tempos } B = 4\pi \frac{n}{60} \qquad n = \text{R. P. M.}$$

Façamos agora a seguinte mudança de variáveis:

$$\theta_i = \theta_{oi} + \alpha_i$$

sendo θ_{oi} o ângulo de deformação estática da posição i da cambota quando a esta se aplicam os momentos M_{oi} e τ_{oi}.

Será então

$$\begin{cases} \theta_i' = \alpha_i' \\ \theta_i'' = \alpha_i'' \end{cases}$$

e substituindo $\theta_i, \theta_i', \theta_i''$, M_i e τ_i no sistema (2,19), obtemos:

$$\begin{cases} I_1 \alpha_1'' + K_{01} \alpha_1 - K_{12} (\alpha_2 - \alpha_1) + R_{11} \alpha_1' = M_1 - K_{01} \theta_{01} + K_{01} \tau_0 + k_{12} (\theta_{02} - \theta_{01}) \\ I_2 \alpha_2'' + K_{12} (\alpha_2 - \alpha_1) - K_{23} (\alpha_3 - \alpha_2) + R_{22} \alpha_2' = M_2 - K_{12} (\theta_{02} - \theta_{01}) + K_{23} (\theta_{03} - \theta_{02}) \\ I_3 \alpha_3'' + K_{23} (\alpha_3 - \alpha_2) - K_{34} (\alpha_4 - \alpha_3) + R_{33} \alpha_3' = M_3 - K_{23} (\theta_{03} - \theta_{02}) + K_{34} (\theta_{04} - \theta_{03}) \\ I_4 \alpha_4'' + K_{34} (\alpha_4 - \alpha_3) + K_{45} \alpha_4 + R_{44} \alpha_4' = M_4 - K_{34} (\theta_{04} - \theta_{03}) + K_{45} \tau_5 - K_{45} \theta_{04} \end{cases}$$

O que permite escrever:

$$\begin{cases} M_{01} - K_{01} \theta_{01} + K_{01} \tau_{00} + K_{12} (\theta_{02} - \theta_{01}) = 0 \\ M_{02} - K_{12} (\theta_{02} - \theta_{01}) + K_{23} (\theta_{03} - \theta_{02}) = 0 \\ M_{03} - K_{23} (\theta_{03} - \theta_{02}) + K_{34} (\theta_{04} - \theta_{03}) = 0 \\ M_{04} - K_{34} (\theta_{04} - \theta_{03}) + K_{45} \tau_{05} - K_{45} \theta_{04} = 0 \end{cases} \qquad (2,20)$$

A partir de (2,20) podem determinar-se os ângulos θ_{oi} em função dos parâmetros do sistema e das componentes constantes dos momentos aplicados (M_{oi} e τ_{oi}).

Pode escolher-se o referencial de forma a fazer $\tau_{05} = 0$, para o que basta ligar este ao volante de modo que se verifica $\tau_{05} = 0$.

As frequências próprias do sistema, bem como as amplitudes do movimento em regime forçado, obtêm-se a partir do sistema (2,21).

$$\begin{aligned} I_1 \alpha_1'' + K_{01} \alpha_1 - K_{12} (\alpha_2 - \alpha_1) + R_{11} \alpha_1' &= (M_1 - M_{01}) + K_{01} (\tau_0 - \tau_{01}) \\ I_2 \alpha_2'' + K_{12} (\alpha_2 - \alpha_1) - K_{23} (\alpha_3 - \alpha_2) + R_{22} \alpha_2' &= (M_2 - M_{02}) \\ I_3 \alpha_3'' + K_{23} (\alpha_3 - \alpha_2) - K_{34} (\alpha_4 - \alpha_3) + R_{33} \alpha_3' &= (M_3 - M_{03}) \\ I_3 \alpha_4'' + K_{34} (\alpha_4 - \alpha_3) - K_{45} \alpha_4 + R_{44} \alpha_4' &= (M_4 - M_{04}) + K_{45} (\tau_5 - \tau_{05}) \end{aligned} \qquad (2,21)$$

Para todas as frequências deste sistema ($\omega = B, 2B, \ldots, nB$) haverá que experimentar momentos de forma geral:

$$(C_{ki} + A_{ki}) \cos (k B t + \tau_i) + (D_{ki} + B_{ki}) \operatorname{sen} (k B t + \tau_i) \qquad (2,22)$$

Sendo τ_i a posição da manivela i em relação ao referencial escolhido, ou, fazendo

$$\begin{cases} C_{ki} + A_{ki} = R_{ik} \cos \alpha_{ik} \\ D_{ki} + B_{ki} = R_{ik} \operatorname{sen} \alpha_{ik} \end{cases}$$

a expressão (2,22) poderá escrever-se:

$$R_{ik} \cos (k B t + \tau_i - \alpha_{ik})$$

ou seja, a parte real dum vector girante da forma:

$$R_{ik} \; e^{i (k B t + \tau_i - \alpha_{ik})}$$

Esta operação é fastidiosa e duas soluções podem ser encaradas:

A) Existem termos em α' (os R_{ii} não são nulos) e então interessa sobretudo conhecer as amplitudes para as frequências de ressonância.

B) Alguns dos α' são nulos (em geral é porque no modelo matemático não se considerou o atrito) e então não interessa conhecer as amplitudes para as frequências de ressonância porque já se sabe, à priori, que são infinitas para alguns parâmetros.

Na hipótese A) há que proceder primeiro à determinação das frequências de ressonância do sistema livre (equação homogénea) como se indica na 2.ª aplicação em (2,17); depois verificar se há alguma frequência k . B que se aproxima dessas frequências próprias e experimentar a amplitude do movimento resultante nessas frequências.

Pode ainda ter interesse experimentar qual o coeficiente da amplificação dos momentos aplicados para a frequência de ressonância. Como se sabe, o coeficiente de amplificação é a relação entre a amplitude do movimento e a amplitude da força provocadora que se faz, em geral, igual à unidade.

Este segundo problema tem interesse sobretudo em motores cuja velocidade é variável, e então tem interesse definir quais as velocidades críticas às quais não convém fazer funcionar o motor.

Na hipótese B) interessa em geral, conhecer as frequências críticas da cambota e procede-se conforme se indicou na 1.ª aplicação:

— Verificar se há frequências das forças aplicadas que coincidam com essas frequências críticas.

— Finalmente, verificar qual o coeficiente da amplificação e as amplitudes do movimento do sistema para determinadas frequências que correspondem à velocidade angular da cambota em regime normal.

Notas:

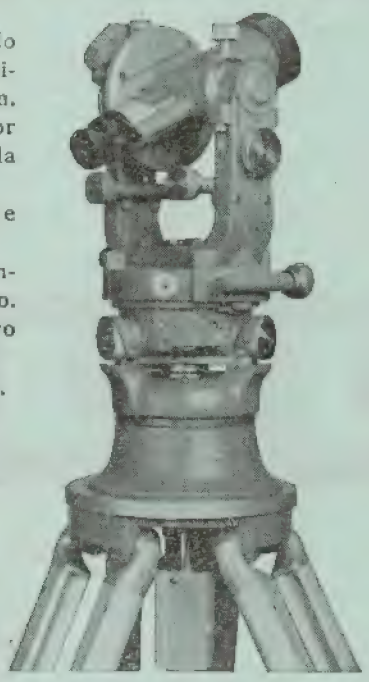
1) Os métodos indicados justificam-se porque sendo os parâmetros matriciais definidores do sistema constantes, são aditivos os efeitos dos momentos harmónicos aplicados.
2) Quando as amplitudes dos momentos aplicados para determinadas frequências, são pequenas, (entenda-se, desprezáveis) não interessa avaliar para esses termos o factor de amplificação do sistema.
3) O ângulo τ_i situa a posição da manivela i em relação ao referencial dado. O vector girante respectivo será da forma

$$R \; e^{i (at + b)}$$

mas

$$R \, e^{i (at + b)} = R \, e^{i a t} . \, e^{i b} = (R \cos \alpha + R \, i \operatorname{sen} \alpha) \, e^{i a t} = (A + i \, B) \, e^{i a t}$$

DKM 2 — O taqueómetro de triangulação de círculo duplo (leitura directa 1 seg.) com múltiplas possibilidades de emprego: Triangulação II.-IV. ordem. Poligonação de precisão. Medição de distâncias por mira de base de invar ou por equipamento de dupla imagem. Observações astronómicas.
Óculo de grande alcance com 30 × de aumento e abertura de 45 mm.
O mais moderno sistema de eixos e de horizontalidade e aperfeiçoada construção do estativo. Operação de centragem muito simples com o novo tripé automático.
Peça o prospecto descritivo.



Kern SWISS

KERN — Instrumentos geodésicos de fama mundial pela perfeição técnica e precisão.

REPRESENTANTES PARA PORTUGAL:

EMÍLIO DE AZEVEDO CAMPOS & C.ª, L.DA

RUA DE SANTO ANTÓNIO, 137-145 — PORTO — TEL. 20254/5
RUA ANTERO DE QUENTAL, 17-1.º — LISBOA — TEL. 53366

UNILENE

Os tubos de polietileno «UNILENE», os seus acessórios de plástico «UNI-PLAST» e o seu processo de montagem e soldadura estão aprovados pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil, para:

CANALIZAÇÕES DE ÁGUA — Proc. 217-III

E

CANALIZAÇÕES DE ESGOTO DOMÉSTICO — Proc. 228-III

UNILENE

SOCIEDADE FABRIL DE MATÉRIAS PLÁSTICAS

PORTO
RUA DO HEROÍSMO, 291
Telef. 5 26 71

LISBOA
RUA DA EMENDA, 19
Telef. 2 04 48

COIMBRA
AV. FERNÃO DE MAGALHÃES, 282
Telef. 2 69 84

Portanto, o vector

$$[a_i] = \begin{vmatrix} (A_1 + i\,B_1) \\ (A_2 + i\,B_2) \\ \vdots \\ (A_n + i\,B_n) \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_n \end{vmatrix} + i \begin{vmatrix} B_1 \\ B_2 \\ \vdots \\ B_n \end{vmatrix}$$

$[a_i]$ é pois um vector complexo.

Finalmente chama-se a atenção para o facto de τ_i poder variar de 0 a 4π num motor a 4 tempos, e de 0 a 2π num motor a 2 tempos.

4) Tendo uma cambota uma forma complicada, há sempre dificuldade em calcular os coeficientes de rigidez. Recomenda-se o conceito de veio de rigidez equivalente.

   O veio v tem a mesma rigidez que o troço T da cambota. Admite-se que as massas estão situadas em 1 e 2.

5) No caso particular de todos os cilindros serem iguais e igualmente esforçados, e a ordem de explosões ser regularmente distribuída, simplifica-se muito o cálculo. Com efeito:

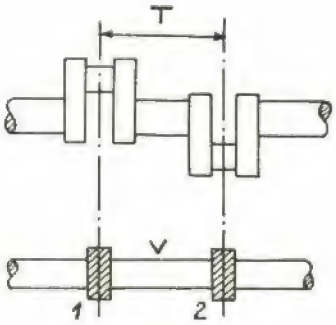


Fig. 3

— os K_{ik} são todos iguais menos os extremos;

— basta conhecer o desenvolvimento em Série de Fourier em relação a um cilindro pois as restantes séries obtêm-se alterando apenas o valor de τ_i, ângulo de fase.

(Continua)

C. D. U. 621.311.5/9:

Elementos sobre a produção e o consumo de energia na rede eléctrica nacional

— Elementos extraídos das estatísticas mensais do Repartidor Nacional de Cargas (R. N. C.)

NOTA: *As produções e os consumos das empresas do R. N. C. representam cerca de 92,7 % dos totais do País.*

NOVEMBRO

I — Breve nota mensal

Sob o ponto de vista hidrológico, o mês de Novembro apresentou-se, no conjunto, bastante acima da média.

II — Elementos gerais (GWh)

a) Mensais

	1958	1959	Variação %
Produção hidráulica (P_h) . . .	229,7	254,9	+ 11
Produção térmica (P_t)	1,5	1,4	— 7
Produção total (P_T)	231,2	256,3	+ 11
Cons. não perman. (C_{np}) (1)	52,2	58,9	+ 13
Cons. permanentes (C_p) . . (1)	162,9	180,2	+10,6 (2)
Consumo total (C_T) . . . . (1)	215,1	239,1	+ 11

b) Acumulados desde 1 de Janeiro de 1959

	1958	1959	Variação %
Produção hidráulica (P_h) . . .	1178,5	2511,1	+ 15
Produção térmica (P_t)	41,5	16,4	— 61
Produção total (P_T)	2220,0	2527,2	+ 14
Cons. não perman. (C_{np}) (1)	506,7	629,1	+ 24
Cons. permanentes (C_p). . . (1)	1587,7	1770,2	+11,5 (2)
Consumo total (C_T) . . . . . (1)	2094,4	2399,6	+ 15

Notas:

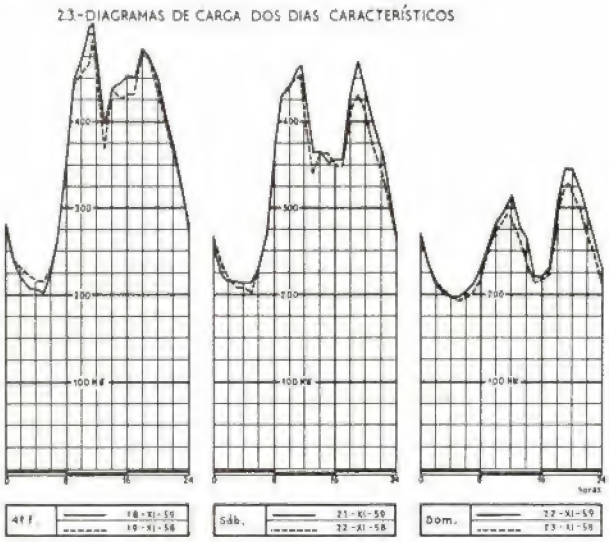
(1) Vidé nota referente a Jan. 1959.

(2) O aumento percentual dos consumos permanentes, tendo em conta a incidência dos domingos e dias especiais, foi respectivamente de 8,7 e 11,3 %.

III — Diagrama de carga dos dias característicos

	4.ª feira:	
	19-11-958	18-11-959
Produção hidráulica (P_h) — MWh	8727	8929
Produção térmica (P_t) — MWh . .	97	0
Produção total (P_T) — MWh . . .	8824	89.9
Produção para consumos não permanentes — MWh.		
Utilização da ponta (U) — horas	17,8	17,5
Factor de carga (α)	0,74	0,73
Relação $\frac{\text{Pot. mín.}}{\text{Pot. máx.}}$ (r)	0,43	0,39

23-DIAGRAMAS DE CARGA DOS DIAS CARACTERÍSTICOS



III — Energia armazenada nas principais albufeiras

Albufeiras:	No fim do mês	
	GWh	% (1)
Paradela	54,3	24,4
Venda Nova	110,4	86,3
Salamonde	19,6	71,0
Caniçada	27,7	83,7
Guilhofrei	5,1	61,4
Lagoa Comprida	32,8 (2)	100,0
Santa Luzia	26,7	43,3
Cabril	270,4	79,7
Castelo do Bode	157,8	96,8
Pracana	12,9	100,0
Póvoa	2,7 (3)	20,2
Total . . .	720,4	69,1

Notas:

(1) Coeficiente de enchimento em energia das albufeiras.

(2) Inclui 3,4 GWh armazenados em Vale do Rossim.

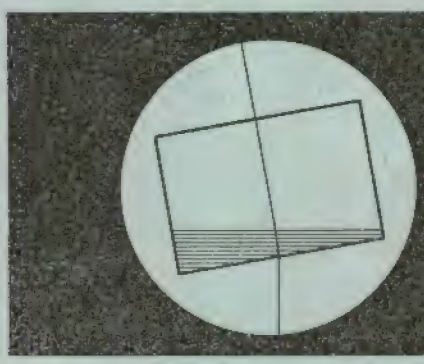
(3) Inclui 0,6 GWh armazenados no açude do Poio.

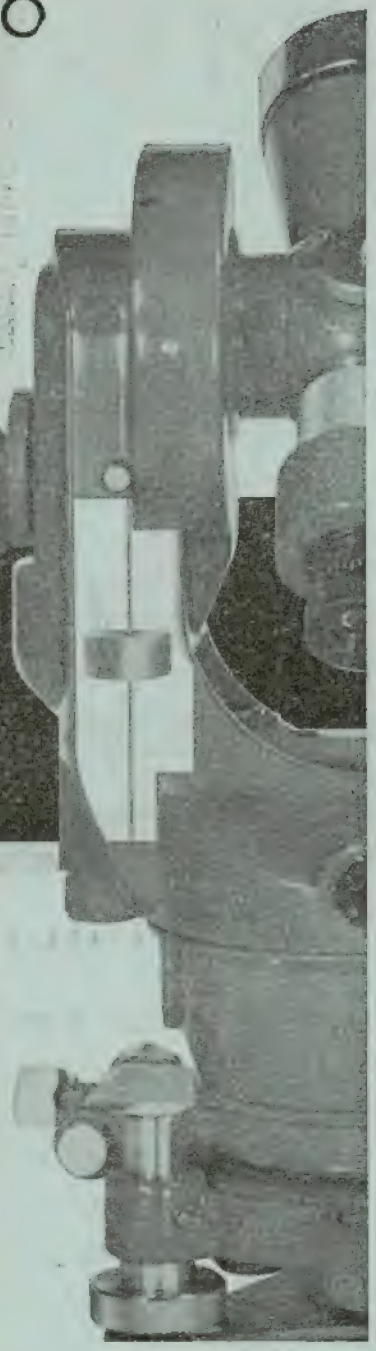
O NOVO TEODOLITO

Wild T 1-A

com calagem
zenital automática

O teodolito com os aperfeiçoamentos mais modernos, permitindo medições mais fáceis, rápidas e mais exactas





Automatismo duma concepção surpreendentemente simples: Prisma com líquido sem partes mecânicas, sem desgaste, sem desarranjos sem reparações.

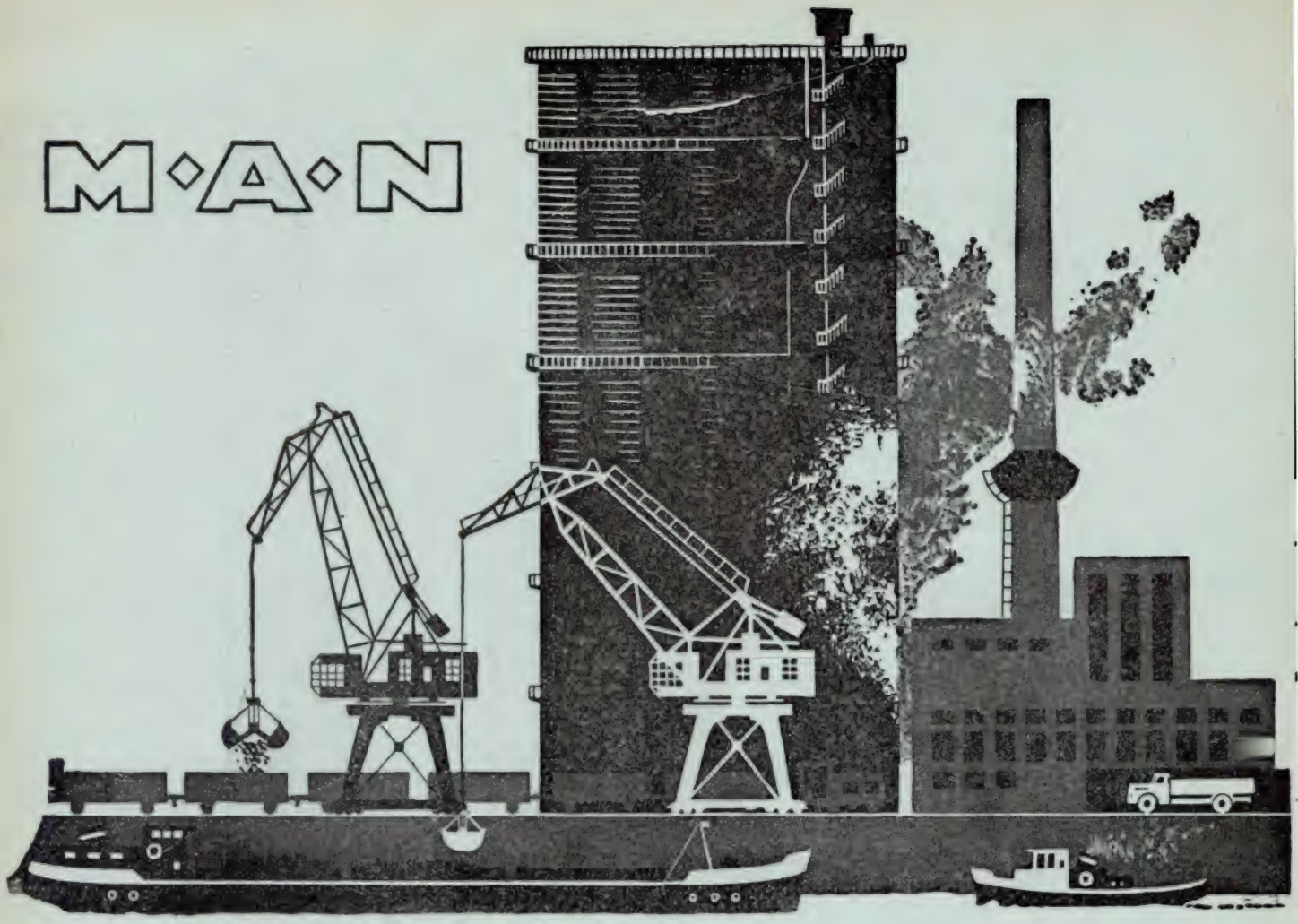
Detalhes no prospecto Th 154

WILD
HEERBRUGG

Solicitem catálogo ou demonstração ao representante exclusivo:

WILD PORTUGAL, L.DA

LISBOA — PRAÇA DAS ÁGUAS LIVRES, 8, S.L 6 — Tel. 68 1127



MASCHINENFABRIK AUGSBURG-NURNBERG A·G · WERK NURNBERG

INSTALAÇÃO DE FORÇA MOTRIZ A VAPOR · INSTALAÇÕES DE FORÇA MOTRIZ A GÁS · GUINDASTES E TRANSPORTADORES · MATERIAL CIRCULANTE FERROVIÁRIO · MÁQUINAS PARA ENSAIOS DE MATERIAIS · INSTALAÇÕES DE CONDICIONAMENTO DE AR · PONTES DE AÇO · INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS DE AÇO · CONSTRUÇÕES METÁLICAS · BOMBAS · GASÓMETROS · CALDEIRAS A VAPOR CANALIZAÇÕES DE AÇO · MOTORES DIESEL TERRESTRES E MARÍTIMOS

REPRESENTAÇÃO GERAL PARA PORTUGAL E ULTRAMAR

INDUMA

MÁQUINAS INDUSTRIAIS LIMITADA
AVENIDA ANTÓNIO AUGUSTO DE AGUIAR, 88-3.º · LISBOA

C. D. U. 624.157.5:627.33

Fundações por ar comprimido na Ponte-Cais de Cabo Ruivo

PELO ENG.º CIVIL CARLOS ALBERTO DE KLUT ANDRADE

CAPÍTULO I

Objectivo

Dada a necessidade de se construir um cais para serviço exclusivo de desembarque e embarque das ramas de petróleo e seus derivados, assentou-se na construção duma ponte-cais na zona de Cabo Ruivo, em frente às instalações de refinaria da Sacor, a qual é circundada por todas as outras grandes empresas da especialidade com representação em Portugal.

A solução da ponte-cais resultou não só da grande velocidade da corrente de vazante em preiamar, que atinge a velocidade de 2 metros por segundo em direcção paralela ao ramo longitudinal da ponte-cais (ramo acostável), como ainda da necessidade de fundos com profundidade entre 35 a 38 pés que permitissem a acostagem, no futuro, dos navios tanques de 40.000 toneladas de deslocamento.

CAPÍTULO II

Características da Ponte-Cais

a) *Forma:* Dois ramos, formando ângulo recto, cujas dimensões são cerca de 176 m e 265 m, nas direcções, respectivamente, normal e paralela à margem.

b) *Largura do tabuleiro:* 15 m e 27 m, respectivamente, nos ramos normal e paralelo à margem.

c) *Infraestrutura:* Pilares de grande secção, apoiados nas camadas de calcáreo ou grés terciário, existentes no sub-leito do rio.

d) *Superestrutura:* Constituída por um reticulado de vigas rectangulares de grande porte, sobre as quais assenta o tabuleiro da ponte, com a espessura média de 0,30 m, ao nível de + 6,00 m acima do zero hidrográfico do Porto de Lisboa.

Descritas as características fundamentais da ponte-cais, vamos procurar, agora, restringir a nossa exposição ao trabalho relativo às fundações (objectivo deste artigo), pormenorizando tudo, tanto quanto possível, desde a fase de construção dos pilares em estaleiro até ao enchimento da câmara de trabalho.

Começaremos pelos estudos prévios de sondagens executados pela Administração Geral do Porto de Lisboa (A. G. P. L.).

CAPÍTULO III

Estudos prévios

a) *Sondagens:* A A. G. P. L. mandou executar na zona prevista para a construção da ponte os furos de sondagem cuja rede e esquema mostramos na figura 1 (Des. A. G. P. L. 1.056) a fim de melhor conhecer os terrenos de fundação e suas cotas. Da prospecção geológica assim levada a efeito, derivou lògicamente a altura a atribuir aos diversos pilares, conforme a profundidade do terreno de fundação, altura essa variável e que serviu de base para o pré-fabrico dos pilares em estaleiro.

b) *Natureza geológica do leito do rio:* A título meramente informativo, apresentamos um corte de dois furos de sondagens, um do ramo transversal e outro do ramo longitudinal, através dos quais poderemos fazer um juízo global das camadas geológicas do sub-leito do rio (fig. 2 e fig. 3).

Tais furos levaram a concluir da existência duma zona aluvionária do período quartenário, formada por terrenos aluvionários tais como: lodo rijo com areia e saibro, argilas e areias muito ferruginosas, depósito de burgau com areia, concha e pedras de grandes dimensões, e lodo mole. Em camadas subjacentes, encontramos rochas do período miocénico superior: areias finas, areias finas argilosas e argilas arenosas que estão classificadas como areolas de Cabo Ruivo, e ainda calcáreo gresoso muito fossilífero em «plaquettes».

Para apreciação, apresentamos um corte dos terrenos de formação do ramo longitudinal (fig. 4) que permite apreciar a irregularidade dos fundos e a natureza das camadas.

c) *Terreno de fundação:* Os terrenos considerados para fundação dos pilares são: o calcáreo gresoso, grés calcáreo e o calcáreo gresoso, muito fossilífero em «plaquettes», conhecido por «cascão».

tro interior é de 2,26 m, a que corresponde uma espessura de fuste igual a 0,12 m.

A altura do fuste variava conforme a altura a atribuir ao pilar, condicionada sempre pelo estudo geológico.

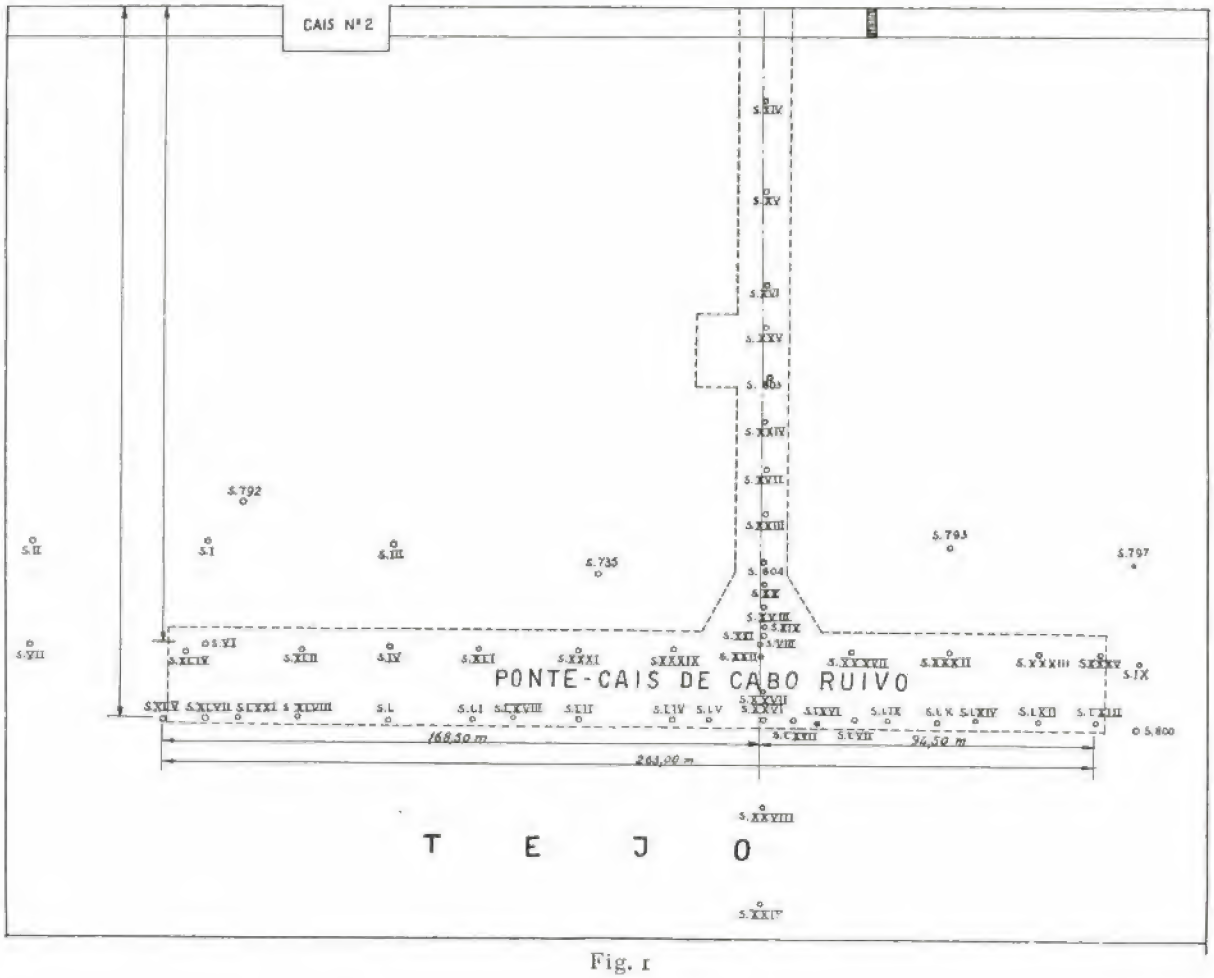


Fig. 1

CAPÍTULO IV

Pilares

Os pilares constam de: base e fuste.

a) *Base:* Exteriormente tem a forma cilíndrica na metade inferior, com o diâmetro de 4,40 m. A metade superior é tronco-cónica, nela se inserindo o fuste, com o diâmetro de 2,50 m.

Interiormente a base é ôca, formada por duas superfícies tronco-cónicas que terminam numa superfície cilíndrica que serve de comunicação às caminhadas para os trabalhos de ar comprimido (Vidé fig. 5).

b) *Fuste:* Tem a forma cilíndrica, com o diâmetro exterior já indicado de 2,40 m. O diâme-

NOTA:

Caminhadas: Troços de tubo metálico de acesso da eclusa à câmara de trabalho com o diâmetro de 1,05 m e comprimento de 1,00 m e 2,00 m

c) *Descrição sumária do método de cálculo dos pilares:*

1.º — Os pilares foram calculados como parte integrante da estrutura da ponte-cais e assim considerados como um sistema porticado em ambas as direcções.

A espessura de cálculo da parede do fuste — 0.20 m — foi definida por tentativas e verificadas as tensões pelo método gráfico de Guidi-Mohr.

2.º — Porem, com esta espessura (0,20 m) os pilares ficariam com peso superior às 100 toneladas — limite máximo de elevação da cábrea

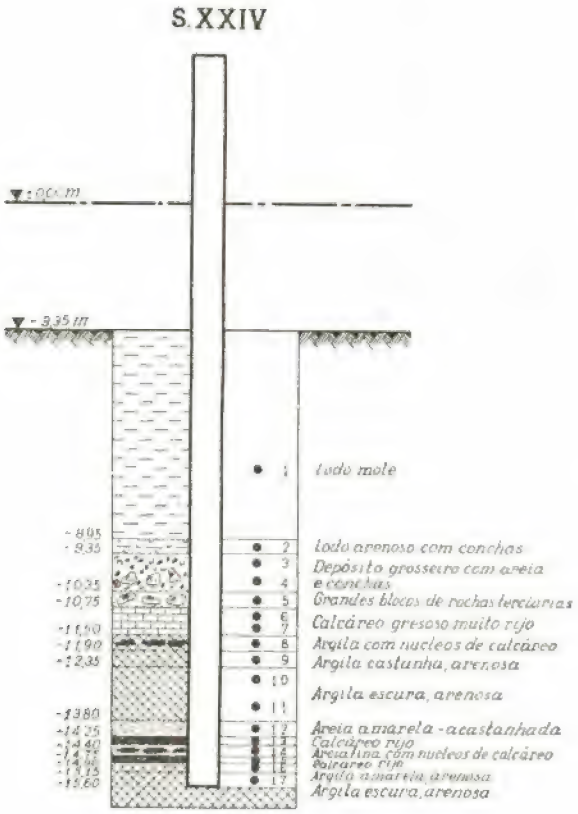


Fig. 2

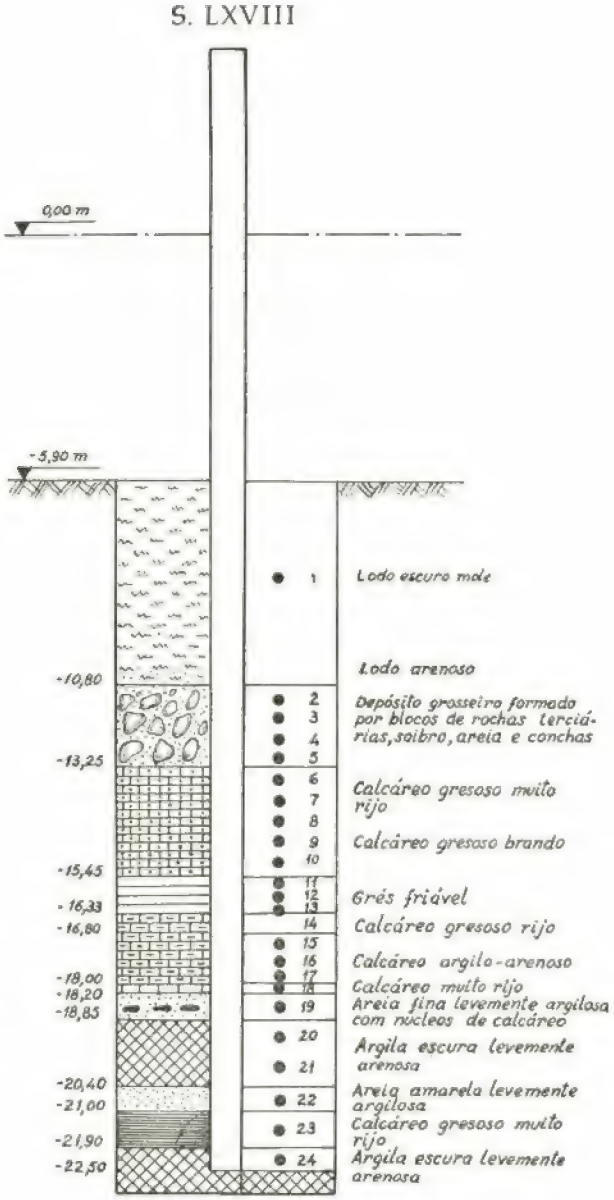


Fig. 3

«António Augusto de Aguiar», que seria utilizada no seu transporte, pelo que fomos obrigados a reduzir a espessura de pré-fabricação do fuste para 0,12 m. Fixada esta espessura, verificámos ainda as tensões pelo método gráfico Guidi-Mohr para as solicitações nos pilares, no transporte e descida por ar comprimido, e verificámos que tal espessura satisfazia, conduzindo-nos então a executar os fustes com a espessura de 0,12 m, que em nada afectava a secção imposta pelo cálculo de resistência dos pilares da ponte pois, os fustes após a selagem da câmara de trabalho seriam cheios de betão.

CAPÍTULO V

Construção em estaleiro

Pilares:

a) Bases:

Cofragens — Para a betonagem das bases dos pilares concebemos uma cofragem de madeira contornada no exterior por cérceas com os diâmetros do projecto, que não só definiam o contorno, mas também serviam de elementos de resistência.

O conjunto exterior da cofragem era apertado por tirantes de ferro a fim de evitar a sua deformação sob o impulso do betão.

O conjunto interior, que suportava quase a totalidade das cargas do betão, era escorado com prumos de pinho de $\phi = 0{,}15$ m dispostos em círculos de raios variáveis, garantindo deste modo a estabilidade e indeformabilidade indispensáveis a um molde para betonagem.

Para melhor conservação das cofragens, de um elevado índice de utilização, concebemos o fecho em secção trapezoidal, para garantir melhor aperto na moldagem e grande facilidade na desmoldagem.

DEPARTAMENTO DE
ENG. DE MATERIAIS
BIBLIOTECA

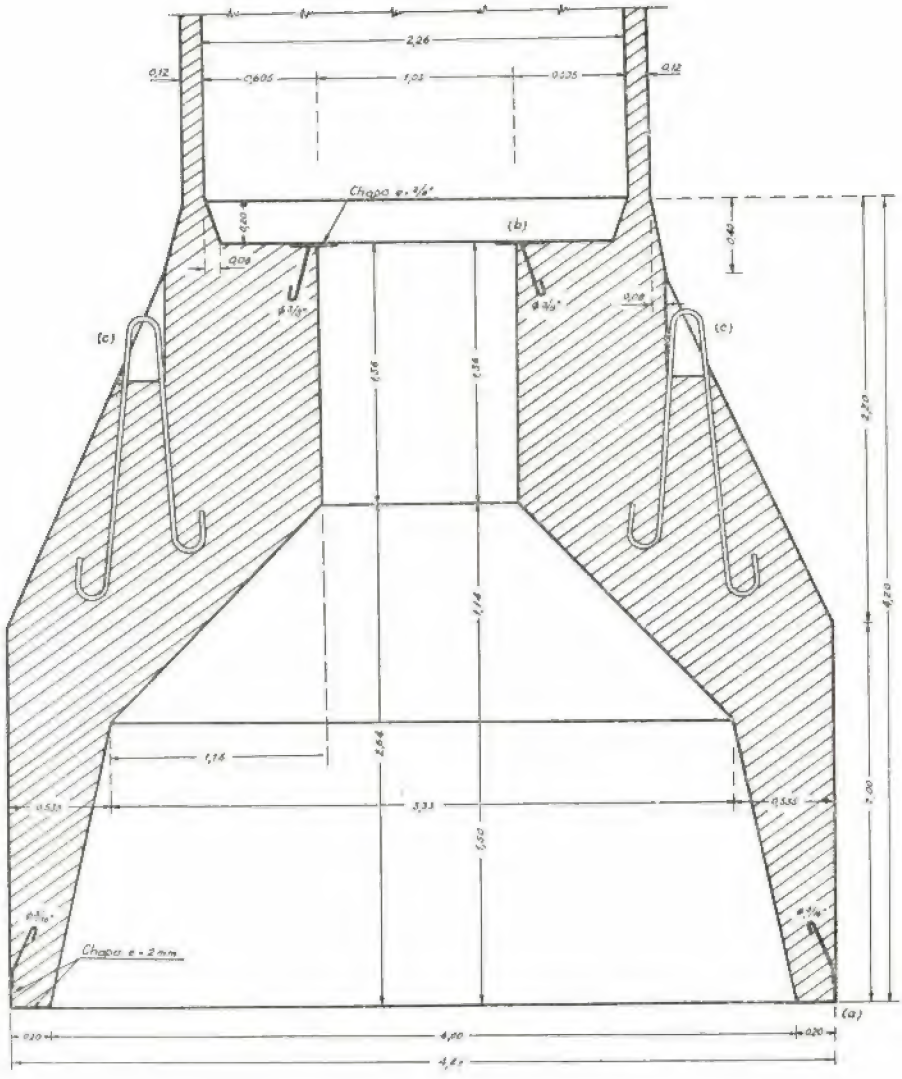


Fig. 5

Executaram-se 3 moldes interiores e 2 moldes exteriores para a betonagem de 103 pilares.

Resultou portanto um índice de utilização para o molde interior de $\frac{103}{3} = 34{,}3$ e de $\frac{103}{2} = 51{,}5$ para o molde exterior, o que reputamos excelente. Claro está, que no decorrer da betonagem tivemos de beneficiar alguns taipais com reparações ligeiras que se impunham.

As cérceas dos moldes eram em madeira de tabuado de 0,04 m de espessura, coberta a tábua de soalho de 0,025 m de espessura e forrada a chapa de 0,01 m; deste modo, procurámos garantir para as cofragens maior resistência e duração, o que aliás, conseguimos (fig. 6).

Montagem : A montagem foi feita parcelarmente, começando-se pela colocação da cofragem interior, seguida da colocação das armaduras e finalmente da cofragem exterior.

Desmoldagem : Os taipais exteriores eram retirados às 48 horas e os taipais interiores aos 15 dias. Para a desmoldagem retiravam-se os fechos de secção trapezoidal, após o que fàcilmente se descofravam os restantes taipais.

Rega : Obrigatória pelo período de 30 dias.

b) — *Fustes :*

Cofragem :

Para a sua betonagem e, em virtude do elevado índice de utilização necessário para esta cofragem, optámos por cofragem metálica tipo «Acrow» constituída por taipais em forma de segmentos cilíndricos quer interior e exteriormente, com a altura de 1,25 m, com fechos rectangulares, dois dos quais de secção levemente trapezoidal para

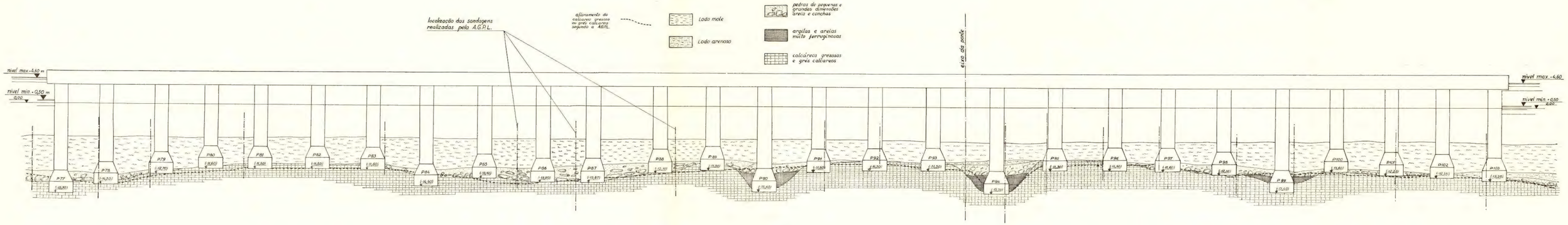

localização das sondagens realizadas pela A.G.P.L.
afloramento de calcareo grosseiro ou gres calcareo segundo a A.G.P.L.
Lodo mole
Lodo arenoso
pedras de pequenas e grandes dimensões areia e conchas
argilas e areias muito ferruginosas
calcáreos grosseiros e gres calcareos
eixo da ponte
nivel max.+4,60 m
nivel min.+0,50 m
0,00
P77
P78
P79
P80
P81
P82
P83
P84
P85
P86
P87
P88
P89
P90
P91
P92
P93
P94
P95
P96
P97
P98
P99
P100
P101
P102
P103

Fig. 4

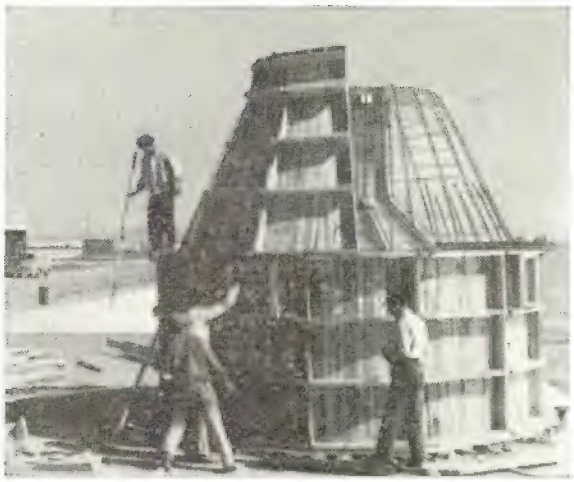


Fig. 6

conseguir melhor aperto e maior facilidade nas descofragens.

Montagem e Desmontagem: A montagem desta cofragem fez-se com um andaime tubular fixado por meio de diagonais às paredes interiores do fuste que lhes garantiam, assim, uma grande estabilidade. Aquele andaime crescia conjuntamente com as betonagens do próprio fuste.

No exterior, fixada por meio de elementos tubulares, havia uma «passarelle» de serviço.

Encimava o andaime um suporte giratório que tinha nos dois extremos roldanas que se destinavam à subida dos taipais (fig. 7).

Fixação: A fixação dos taipais era feita directamente à parede do próprio fuste por ancoragens roscadas que se deixavam embebidas no betão e que serviam também para definir a espessura do fuste de 0,12 m.

Nestas ancoragens eram fixados os fechos rectangulares, aos quais se ligavam os taipais adjacentes por porcas de orelha que garantiam bom aperto e fixação.

Exterior e interiormente, as cofragens eram apertadas por elementos tubulares curvilíneos, dispostos alternadamente, ligando os taipais adjacentes aos fechos, ligados à cofragem por elementos de fixação especiais (Vidé fig. 7).

Desmoldagem: Os moldes «Acrow» podiam ser descofrados no prazo de 24 horas:

Rega: A fim de satisfazer a exigência do Caderno de Encargos quanto à rega pelo período de 30 dias, dispuzemos para esse efeito um tubo de 1/2", dobrado segundo um círculo com o diâmetro aproximadamente 2,50 m o qual era suspenso da cofragem, subindo progressivamente com esta.

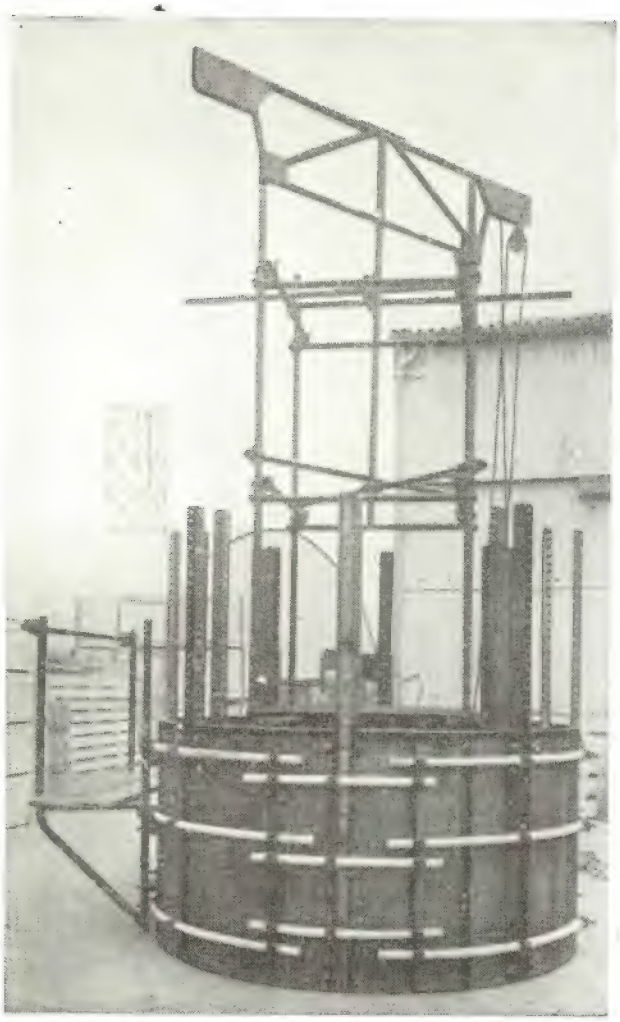


Fig. 7

Cada sistema era alimentado por água salgada por intermédio duma mangueira de 1" ligada a uma rede de água, abastecida por uma bomba de 2" e altura manométrica de 35 m: A rega praticava-se de hora a hora no período compreendido entre as 8 e as 17 no Inverno, e das 7 às 21 no Verão.

CAPÍTULO VI

Colocação de pilares

Equipamento:

Cábrea «António Augusto de Aguiar» da A. G. P. L. com a capacidade máxima de 100 toneladas a 10 m de alcance e 73 toneladas a 14 m de alcance e altura útil de 27 m. O peso médio de cada pilar andava à volta das 100 toneladas.

a) *Preparação:* Antes do transporte, colocavam-se as caminhadas e a eclusa para o tra-

balho de ar comprimido. As caminhadas eram fixadas ao pilar por uma placa de ferro em coroa circular de e = 3/8", composta por elementos de sector circular soldados elèctricamente e com 20 ganchos de varão redondo de ø = 3/8" para fixação ao betão. Esta placa era colocada no momento da betonagem da base, para assim podermos garantir uma boa ancoragem ao betão.

A fixação das caminhadas a esta placa era feita por parafusos de ø 7/8 × 1" 3/4. Entre as juntas das caminhadas colocavam-se juntas de borracha de e = 10 m/m para melhor aperto e estanqueidade, a fim de evitar fugas de ar. Uma vez colocadas as caminhadas e eclusa, engatavam-se os cabos de aço de 2" para o transporte do pilar, os quais eram apertados no topo deste por uma cércea circular de ferro U a fim de evitar o seu deslizamento e afastamento, garantindo assim maior segurança no transporte e descida do pilar.

Fig. 8

A suspensão do pilar era feita por argolas de varão ø 1" 1/2 deixadas no betão, que resistiam ao corte por duas secções (fig. 5). Nos primeiros dez pilares fizemos o transporte com suspensão directa do pilar pelo fuste, para o que neste se deixavam 4 orifícios circulares onde se introduziam dois varões cilíndricos de aço de ø = 140 m/m que serviam de engate aos cabos que circundavam o próprio fuste e daí saíam as extremidades dos cabos com as respectivas alças para o engate nos aparelhos da cábrea.

b) *Transporte:* Após estas manobras de colocação das caminhadas eclusas e cabos, e engate destes últimos nos aparelhos da cábrea, esta entrava em carga suspendendo o pilar e transportando-o. A cábrea era deslocada para o local de colocação do pilar a reboque (Fig. 8).

Em virtude da amplitude das marés (apoximadamente igual a (± 3,50 m), tivemos tivemos — para os pilares com altura entre 16,50 e 18.00 metros — de conduzir o trabalho e coordenar o serviço da cábrea de maneira a que o pilar fosse levantado no preia-mar das marés vivas, pois, só assim conseguíamos maior altura útil da cábrea.

No caso particular dos 5 pilares de maior altura (compreendido entre 19,00 m e 19,50) tivemos necessidade de levantar o pilar sem a eclusa montada pois, se assim não fosse, não era possível transportar o pilar em virtude da altura útil da cábrea (27 m) não ser suficiente para vencer a altura total com que ficava o pilar.

Neste caso levávamos o pilar desde o cais sem a eclusa montada e assentávamo-lo no leito do rio ora junto ao cais ora junto ao ramo longitudinal da ponte-cais. Uma vez aí colocado, com a cábrea convenientemente amarrada e comprimindo o pilar de encontro à estrutura do cais ou da ponte, escorávamo-lo por meio de cabos de aço para evitar inclinações que poderiam ser fatais; só então abrandávamos os cabos dos aparelhos de suspensão da cábrea e colocando seguidamente a eclusa com a guia da própria cábrea ou com um guindaste «Ruston Bucyrus».

O trabalho de colocação da eclusa nestas condições era imensamente arriscado e perigoso, em virtude da falta de apoio firme para o pilar, o que não permitia o menor à-vontade no trabalho, exigindo, por outro lado, grandes cuidados, a fim de se evitar a mais pequena inclinação do pilar, que poderia conduzir ao risco da sua perda total.

c) *Colocação dos Pilares:* A implantação topográfica do pilar «in situ» era feita pelo método de intersecção de alinhamentos rectos por dois taqueómetros estacionados em pontos prèviamente determinados.

Para tanto, marcámos um alinhamento base na estrada marginal, ao longo do rio, a partir do qual obtínhamos o alinhamento transversal ao rio; marcando nesse alinhamento base, à fita, os diversos pontos correspondentes aos centros dos pilares, neles estacionávamos um taqueó-

metro ficando a localização do pilar defenida por outro taqueómetro estacionado noutro ponto.

A intersecção dos dois alinhamentos obtidos com os taqueómetros estacionados nestes pontos dáva-nos o centro exacto do pilar. A cábrea para a colocação dos pilares fazia prèviamente as amarrações, duas à frente em diagonal para bóias convenientemente colocadas no rio, uma em diagonal à rectaguarda e ainda auxiliada pelo seu próprio ferro. Assim conseguíamos evitar grandes deslocamentos transversais ou longitudinais à cábrea, sempre possíveis, quer por motivo dos ventos, quer por ondulações e corrente de vazante do rio, muito de considerar nas águas vivas, que chega a atingir a velocidade de 2 m por segundo. Posta a cábrea nestas condições procedia-se à colocação do pilar, alinhando-se primeiramente no sentido transversal à cábrea, alinhamento esse que era conseguido com translacções à custa das próprias amarrações; seguidamente, praticava-se o alinhamento no sentido longitudinal, à custa de deslocamentos da lança da cábrea.

Ao proceder-se a este alinhamento, havia que ter em conta a ascenção natural da cábrea pela introdução do pilar na água, o qual, por efeito da impulsão, diminuia de peso; por outro lado, no momento do assentamento no lodo, a cábrea, deixando de estar em carga, tinha maior poder de flutuação que se traduzia numa aproximação natural do pilar à cábrea de cerca de 0,20 m a 0,50 m.

A fim de se assegurar uma melhor colocação dos pilares, julgou-se conveniente dragar os lodos da zona da ponte-cais, o que se fez no ramo transversal e no tramo de montante do ramo longitudinal.

Com a experiência, verificávamos que a dragagem dos lodos oferecia algumas vantagens na colocação, tais como assentamento do pilar a cota mais baixa, e evitava a extracção dos lodos por ar comprimido.

Oferecia porém a grande desvantagem de permitir grandes deslocamentos ao pilar na sua descida, pois o atrito e impulso lateral do lodo ao pilar evitavam que este «fugisse» muito da sua posição inicial. Tal facto foi confirmado no tramo de juzante do ramo longitudinal, onde a colocação foi feita sem a dragagem prévia, sendo menor, os deslocamentos dos pilares durante a sua descida. Além disso, dada a irregularidade dos fundos e a existência de pedras de grandes dimensões, sucedeu, algumas vezes, serem os pilares assentes (no acto da colocação) com parte do cutelo sobre rocha e o restante em lodo de bolsas existentes no leito, com desníveis da ordem de 1,50 a 2,00 m que obrigava a permanência da cábrea durante muitos dias, até que se procedesse à destruição da parte rochosa, para se encontrar um terreno com características mais homogéneas garantindo conveniente fundação ao pilar. Tal facto não sucedeu na zona não dragada prèviamente pois, aí, o atrito e o impulso lateral do lodo favorecia a estabilidade do pilar e permitia a mistura de brita e areia solta ou a colocação de sacos na zona das bolsas, para tornar o terreno mais consistente e com melhores condições de assentamento do pilar, com a garantia do seu encastramento nos 4 m de lodos em que ficava enterrado.

CAPÍTULO VII

Trabalhos em ar comprimido

a) *Descrição das Fundações:* As fundações por ar comprimido são as únicas possíveis nas obras, em que é indispensável fundá-las em terrenos com características de resistência especificada, mas que para os atingir se torna necessário atravessar camadas de terreno aluvionário e argilas submersas; o mesmo sucede quando há que atravessar terrenos frouxos ou muito permeáveis, em virtude de, em tais casos, o esgoto ser pràticamente impossível pelos processos correntes, dada a enorme quantidade de água; poderá suceder além disso que, pela acção do esgoto ou por dragagem ou escavação por mergulhadores, se produza um efeito de sifonamento que faz afluir até o tubo ou caixão as areias ou lodos laterais.

Em tal caso o processo de esgoto, dragagem ou escavação por mergulhadores é ineficaz, tendo de recorrer-se ao método de escavação por ar comprimido, inventado em 1841 pelo engenheiro francês Triger.

b) *Princípio:* O princípio basilar do trabalho sob ar comprimido reside no equilíbrio de pressões.

Estabelecida a pressão de ar no interior do tubo e câmara de trabalho, equivalente à coluna de água acima do cutelo da câmara de trabalho, esta fica a seco e os operários poderão escavar por debaixo do bordo cortante para permitir a sua descida.

Quando alcançado o terreno firme ou cota desejada, enche-se a câmara de trabalho com betão, ainda com ar comprimido.

c) *Perigos do ar comprimido:* Em virtude do aumento de pressão, o azoto contido no ar dissolve-se no sangue e provoca a «embriaguês das profundidades» de que resultam grande sofrimento e dores musculares quando se não pratica a descompressão convenientemente; e quando este é deficiente, pode o azoto libertar-se em pequenas bolhas no sangue, causando embolias mortais.

Por isso se exigem para estes trabalhos uma rigorosa vigilância sanitária e um absoluto cumprimento das normas aplicadas a estes trabalhos, só podendo ser admitido ao serviço pessoal entre os 20 e 45 anos, depois de devidamente inspeccionado pelo médico.

O regulamento alemão para trabalhos em câmaras de ar comprimido, de 29 de Maio de 1935, e as prescrições anexas do Caderno de Encargos desta obra, serviram-nos de norma aos trabalhos de ar comprimido, pois infelizmente em Portugal ainda não existe qualquer legislação sobre estes trabalhos, o que é de lamentar.

O artigo 30.º das prescrições anexas ao C. E. relativas a tipos de fundações pneumáticas diz:

Durante os períodos de compressão e descompressão do ar, na eclusa, deverão observar-se as instruções seguintes:

Na compressão: A pressão deve ser aumentada lentamente, de forma que ninguém sinta incómodos; o período de tempo empregado deve ser de 4 minutos, pelo menos, para aumentar-se gradualmente a pressão de 0 kg/cm² a 1 kg/cm² e de 5 minutos, pelo menos, por cada kg de pressão acima de 1 kg/cm².

Na descompressão: Devem ser mantidos os seguintes períodos de tempo mínimo:

5 minutos para sobre-pressão inferior a	0,5 kg/cm²
10 minutos para sobre-pressão entre	0,5 a 1,5 kg/cm²
20 minutos para sobre-pressão entre	1,5 a 2 kg/cm²
35 minutos para sobre-pressão entre	2,0 a 2,5 kg/cm²
50 minutos para sobre-pressão superior a	2,5 kg/cm²

A descompressão deve ser feita da seguinte forma:

Redução rápida a metade da pressão com cerca de 0,2 kg/cm² por minuto; e redução lenta e cuidadosa até à pressão atmosférica no restante período de tempo: durante a descompressão, será obrigatória a renovação do ar.

O ar comprimido a fornecer às câmaras de trabalho deve ser prèviamente filtrado e resfriado, e não contar gases nocivos à saúde do pessoal.

A quantidade de ar comprimido por homem e por hora deverá ser de 40 m³, devendo ser regulado de modo a que a proporção de ácido carbónico no ar não excede 1 1000.

d) *Assistência médica e sanitária:*

1.º Todo o pessoal admitido para os trabalhos de ar comprimido será prèviamente inspeccionado pelo médico e admitido após a sua aprovação, sendo obrigatória a sua inspecção por períodos de seis meses.

2.º Instalar na obra um Posto de Socorros equipado com um tubo de oxigénio sob pressão, para, em caso de emergência, poder desenvolver rápida e fàcilmente apreciáveis quantidades de oxigénio puro.

3.º Instalar também uma dependência equipada com lavatório e chuveiro para permitir que, no fim dos turnos, o pessoal possa lavar-se convenientemente e, que sirva também para abrigo e repouso do pessoal à saída do trabalho.

4.º Em virtude de ser conveniente os operários usarem artigos de vestuário de lã foram distribuídos os seguintes artigos:

Meias de lã.

Camisolas de lã.

Toalhas turcas.

Além disto a cada operário foi distribuído um par de botas de borracha.

5.º À saída da eclusa era fornecida ao pessoal uma manta de lã para se cobrir, a fim de evitar resfriamentos e constipações.

6.º Após o trabalho era fornecido ao pessoal leite quente.

e) *Organização do trabalho:* Dadas as características especiais da obra, o reduzido espaço da obra, o reduzido espaço da câmara de trabalho e o baixo rendimento conseguido em escavações por este processo, resolvemos trabalhar por turnos durante as 24 horas diárias.

Por pilar, os turnos eram constituídos da seguinte maneira:

TEODOLITO DE SEGUNDOS FT2

Otto-Fennel

Para triangulações de segunda e terceira ordens, poligonação de precisão, orientação e medidas astronómicas de ligação, levantamentos subterrâneos e todos os trabalhos de precisão em geral

- Óculo reversível
- Leitura por sistema directo
- Óptica tratada de grande luminosidade

CARACTERÍSTICAS

Telescópio — Analáctico com focagem interna, óptica tratada, comprimento 175 mm; ampliação 30 x, abertura da objectiva 40 mm; distância mínima de mira 1,25 m; constante de adição zero, constante de multiplicação 100.

Níveis — Circular 8', de horizontalidade, paralelo ao eixo de inclinação 20", de coincidência no círculo vertical 20"

Círculo horizontal — Diâmetro 90 mm; leitura directa 1" — 2cc; leitura por avaliação 0,1" — 0,2cc.

Círculo vertical — Diâmetro 70 mm; leitura directa 1" — 2cc; leitura por avaliação 0,1" — 0,2cc.

Tripe extensível; caixa metálica com pequenos acessórios

Pesos. instrumento 6,5 kg; tripé 6 kg, caixa metálica 4,5 kg.

REPRESENTANTES

PAPELARIA FERNANDES — S. A. R. L.

L. DO RATO, 13 — TEL. 68 21 31 / 39 — R. DO OURO, 145 — TEL. 2 83 61 / 2 60 66

LISBOA

TRANSFORMADORES
ENAE
LICENÇA SIEMENS-SCHUCKERT
ATÉ
1600 kVA
35 kV
DA CONCEPÇÃO AO
ENSAIO
O RIGOR E O
CUIDADO QUE FAZEM
AS OBRAS PERFEITAS
EMPRESA NACIONAL DE APARELHAGEM ELECTRICA — AV. 24 DE JULHO, 158 — LISBOA

No interior da coluna	Campanário e Ajudante
Na câmara de trabalho	Arvorado e 5 operários

No exterior: Pipeiro e ajudante.

A chefiar todos os turnos em trabalho nos diversos pilares havia um capataz que era o orientador da escavação e o responsável pelo bom rendimento do trabalho e pelo cumprimento das instruções de segurança.

Campanário: É o operário que executa as compressões e descompressões, ou seja, o responsável pela manobra das válvulas de entrada e saída de ar e o único que as pode executar, pois só ele está autorizado a fazê-lo.

Pipeiro: É o operário encarregado das descargas das pipas ou tremonha dos produtos de escavação e ao mesmo tempo o vigilante da pressão no interior da câmara de trabalho; é ele ainda quem cuida da tremonha ou pipa do betão nas betonagens das câmaras de trabalho.

Compete-lhe ainda dar o sidal para o campanário fazer a «porta», cumprindo-lhe mediante sinal do interior, prèviamente estabelecido, ou por telefone estar ao corrente do que se passa no interior da eclusa, comunicando ao compressorista qualquer irregularidade que haja no fornecimento do ar, etc.

Em virtude das condições anormais de pressão adoptada neste trabalho, o respectivo regime também é anormal, e, assim, teremos de respeitá-lo conforme o que se segue:

Sete horas, para cotas de trabalho acima de (—10.00 m)

Seis horas para cotas de trabalho entre (—10.00 e —12.00 m)

Cinco horas para cotas de trabalho entre (—12.00 e —20.00 m)

Quatro horas para cotas de trabalho entre (—20.00 e —25.00 m).

Nestes termos, consoante as cotas de trabalho, o horário praticado estava de acordo com as tabelas anteriores, o que obrigava a uma alteração profunda do regime de trabalho e do rendimento, dado que, neste tempo, está incluído o tempo imposto para a compressão e descompressão, descida do pessoal desde a eclusa à câmara de trabalho e correspondente subida, que é de considerar, se tivermos em conta que a altura média entre a plataforma da câmara da eclusa e a câmara de trabalho é de 16 m, equivalente a 5 andares num prédio normal.

CAPÍTULO VIII

Instalações e Equipamento

Ar comprimido: O fornecimento de ar comprimido foi garantido inicialmente por 4 compressores Ingersoll-Rand, tipo Giro—Fló GD 125 Diesel, com a produção de 14 m³/minuto quando o trabalho era executado com 3 eclusas: posteriormente instalámos 3 compressores Ingersoll-Rand, tipo Giro-Fló GD 210 Diesel, com a produção de 25 m³/minuto, secundados por 2 dos anteriores, quando aumentamos o n.º de eclusas para cinco unidades.

Ligado aos compressores por tubagens independentes, instalámos um depósito regulador de 2 m³ de capacidade, do qual saíam cinco tubagens independentes de ø 2". Na saída de cada tubagem instalámos uma válvula reguladora de pressão e volume de ar para assim podermos regular a quantidade de ar para cada pilar e sua pressão. No extremo da tubaria ligavam-se mangueiras flexíveis de ø = 3 c/4 telas, forradas a borracha própria para contacto com água salgada, as quais eram ligadas à entrada de ar da coluna.

Com a inicial produção de ar comprimido (14 m³/minuto, sejam 840 m³/hora), tínhamos possibilidade de manter simultâneamente 21 operários em trabalho; e com a produção posterior de 25 m³/minuto — sejam 1.500 m³/hora — poderíamos garantir trabalho a cerca de 38 operários de acordo com o exigido.

Eclusas: Possuíamos dois tipos de eclusa: Millars e Solé.

a) Millars Fig. 9.

Construção — de chapa de ferro de ø = 10m/m.

Forma — cilíndrica com as dimensões ø = 2,08 e H = 3,25 m.

O diâmetro interior das caminhadas é de ø = 1.050 m/m com flanges para o interior com 15 furos de ø = 25 m/m.

Entrada de ar: A entrada de ar, de ø = 3", é constituída por um corpo cilíndrico, tendo no interior uma válvula reguladora da quantidade de ar a entrar, e uma válvula de encosto longi-

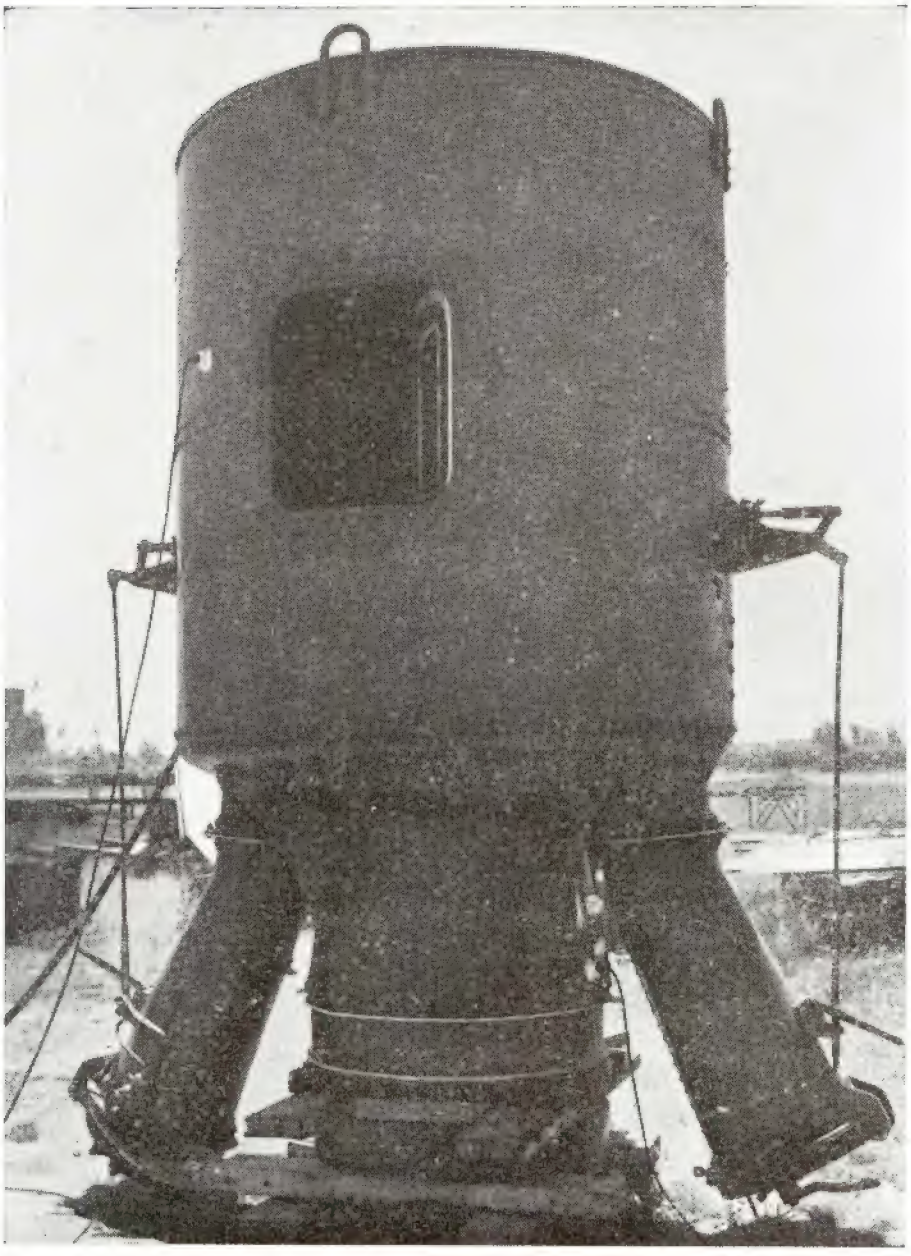


Fig. 9

tudinal para evitar o retorno do ar insuflado. O ar que entra é distribuído por três saídas alimentando respectivamente, o guincho da carga, a câmara de trabalho e a eclusa (Fig. 10).

Guincho de carga: Accionado por ar comprimido a baixa pressão e constituído por dois cilíndros horizontais que transmitem o movimento rotativo ao guincho no qual está enrolado o cabo de aço de elevação. Este tambor está na prumada do centro das caminhadas.

Válvula de compressão: É uma válvula de 1" 1/4, de bronze, ligada a uma das saídas da entrada de ar, como já dissemos, e que só é manobrada na compressão.

Válvula de decompressão: É uma válvula de bronze, de ø 2", que comunica com o exterior, através da qual se faz o escape de ar quando se pretende descomprimir.

Pipas: Em número de duas, são recipientes colocados na própria eclusa nas quais se acumulam os produtos de escavação. Têm forma sensìvelmente cilíndrica e são fechados no topo e fundos por portas circulares devidamente calefetadas por juntas de borracha.

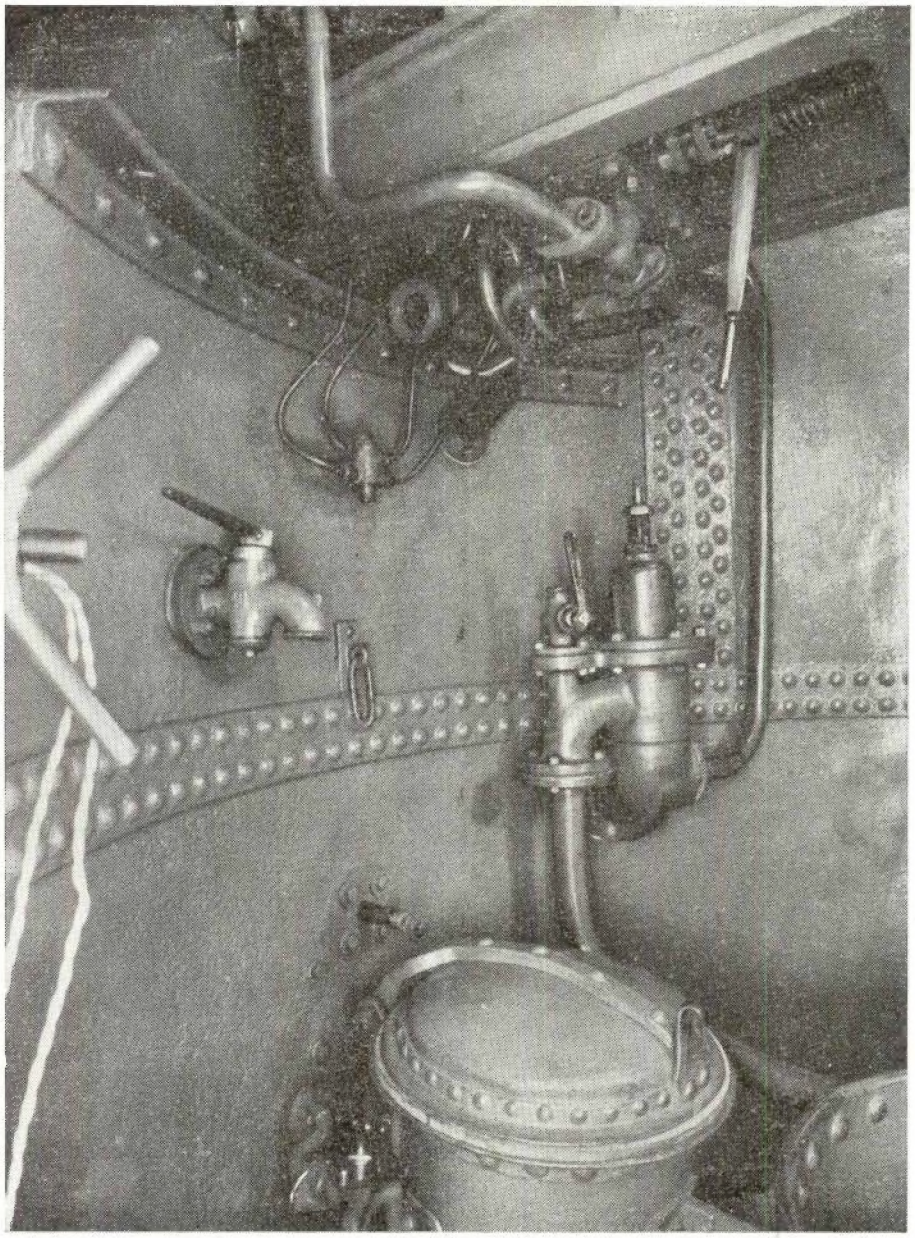


Fig 10

Têm um dispositivo de segurança que impede a abertura da porta do interior da eclusa, quando a de descarga para o exterior está aberta e vice-versa; o seu funcionamento é garantido por válvulas do seguinte modo:

Feita a compressão da eclusa, para abrir a porta do interior da pipa — a que permite fazer a sua carga — abre-se a válvula que põe em contacto a pipa com a eclusa, estabelecendo-se ràpidamente a igualdade de pressões que permite manobrar a porta.

Aberta esta, procede-se à carga da pipa; uma vez cheia, comunica-se aos pipeiros, que estão no exterior, para procederem ao seu despejo. Estes abrem então cuidadosamente a porta de descarga que é comprimida por um forte fuso de rosca de fita para garantir melhor aperto, em seguida ao que os escombros salem fàcilmente.

Limpa a pipa, os pipeiros tornam a fechá-la e comunicam ao campanário que poderá de novo utilizá-la.

Enquanto uma pipa está à descarga a outra está à carga.

Pipa de Betonagem: É um recipiente acoplado

lateralmente a uma caminhada. Comunica com o interior das caminhadas por uma porta rectangular, calafetada com junta de borracha que se fecha por grandes trancas que garantem o aperto.

A sua comunicação — da pipa de betão — como exterior é garantida por uma porta rectangular que, nalguns casos, se abre para o interior da própria pipa ou para o exterior. Quando a porta abre para o interior é mais fàcilmente manejável e garante maior estanqueidade, em virtude do seu aperto ser facilitado pela própria pressão do interior da pipa.

O seu funcionamento é o seguinte:

Aberta a porta de comunicação com o exterior, enche-se a pipa com betão. Uma vez cheia, fecha-se a porta, dá-se-lhe aperto com os parafusos de rosca de fita (no caso desta abrir para o exterior) e abre-se a válvula de comunicação da pipa com o interior da caminhada através dum tubo de cobre de 1/2". Aberta esta válvula, a pressão do interior da pipa iguala a pressão da caminhada; nesta altura é fácil abrir a porta de comunicação da pipa com a caminhada, que estava impossibilitada de ser aberta, em virtude da desigualdade de pressões.

Despejado o betão, encerra-se novamente a porta interior e abre-se a válvula de escape da pipa. A porta de comunicação com o exterior é novamente aberta a fim de se proceder à nova carga de betão e assim sucessivamente.

Portas: Existem na eclusa duas portas; a de entrada, que comunica com o exterior e abre para o interior da eclusa, e a de acesso às caminhadas para a câmara de trabalho, que abre para o interior das caminhadas. Ambas são calafetadas com juntas de borracha. A porta de entrada é dotada ainda de duas trancas para garantir o aperto inicial.

Logo que se inicia a compressão estas são porém desapertadas em virtude de o aperto e a estanqueidade da porta serem assegurados pela diferença de pressões entre o interior da eclusa e a atmosfera.

Para fechar a porta de acesso às caminhadas suspendêmo-la com o guincho, que a comprime o suficiente para se proceder à descompressão da eclusa, e logo que esta se inicie, a diferença de pressões entre as caminhadas e a eclusa é suficiente para garantir o seu fecho e estanqueidade.

Para a abrir, basta que se comprima a eclusa a uma pressão igual à do interior das caminhadas.

O sentido de abertura das portas não é arbitrário, mas sim concebido de maneira a facilitar o seu fecho e a garantir a sua estanqueidade e aperto, condições estas fundamentais durante o trabalho.

Suponhamos que a abertura da porta da entrada se fazia para o exterior. Como se poderia garantir a sua estanqueidade e condições de segurança com as pressões a que ela ficaria sujeita? É certo que o poderíamos fazer garantindo o seu aperto por meio de parafusos de rosca de fita e grandes trancas, mas isso não só se dificultava o trabalho, como também não oferecia as condições de segurança que é imperioso manter.

b) Eclusa Solé

Construção — De chapa de aço de espessura de 10 mm.

Forma — Cilíndrica, com as dimensões $\phi = 2{,}08$ metros e $H = 2{,}55$ metros (Fig. 10).

O diâmetro interior das caminhadas é de $\phi = 1{,}00$ metro com flanges para o exterior com 42 fusos de $\phi = 16$ mm.

Entrada de ar: Faz-se por uma válvula de $\phi = 3''$, constituído por um corpo cilíndrico, tendo no interior uma válvula reguladora da quantidade de ar a entrar e uma válvula de vedação vertical para evitar o retorno do ar insuflado.

O ar entrado é distribuído por duas saídas que alimentam respectivamente o guincho de carga e a câmara de trabalho.

A compressão da eclusa é feita à custa do ar da câmara de carga, por intermédio de uma válvula de $1''\,{}^1/_2$, ligada ao topo dum tubo que comunica com o interior das caminhadas.

Guincho de carga: Accionado por ar comprimido a baixa pressão, é constituído por 4 cilindros verticais que transmitem o seu movimento ao tambor de enrolamento do cabo de aço de elevação. O guincho está localizado lateralmente, tendo o cabo de passar por uma roldana colocada no tecto da eclusa, no prumada do centro da caminhada.

Válvula de compressão: É de bronze, de $1''\,{}^1/_2$, disposta no topo dum tubo que comunica com o interior das caminhadas, utilizando assim o ar do interior destes para a compressão.

Válvula de descompressão: É de bronze, de ϕ 2" e comunica com o exterior, fazendo-se através

dela o escape de ar, quando se pretende descomprimir.

Pipas: Na forma e no funcionamento, iguais às da eclusa Millars.

e ainda fichas para telefone e luz eléctrica.

Escadas: Fixadas às caminhadas existe a escada de acesso da eclusa à câmara de trabalho, com degraus de varão de ferro ø 5/8" intervalados

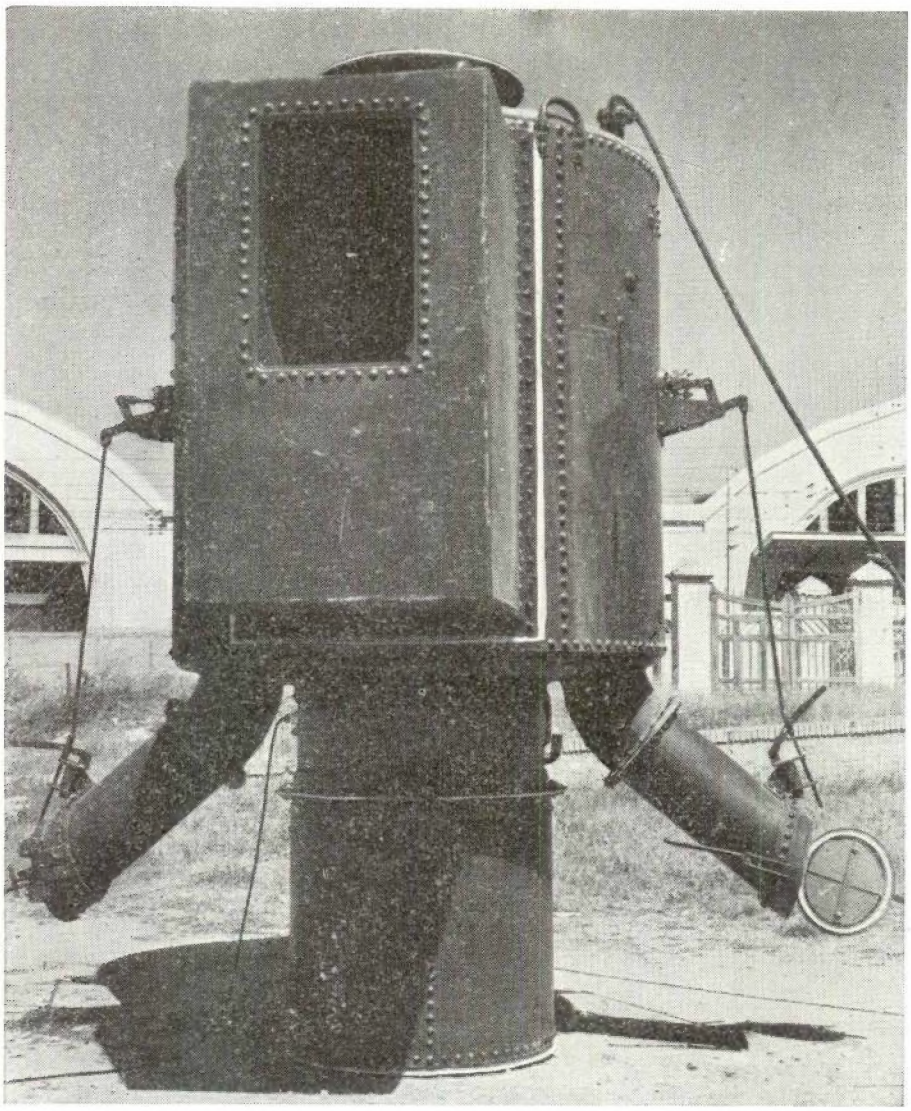


Fig. 11

Pipa de betonagem: Neste tipo de elusa, é utilizada para pipa de betonagem uma ante-câmara, colocada na porta de entrada (fig. 11). O seu funcionamento é muito moroso e pouco prático, razão por que acoplámos a esta eclusa uma pipa de betonagem idêntica às das colunas «Millars».

Portas: No todo e no funcionamento idênticas às das eclusas «Millars».

Extras: Em cada eclusa existe um manómetro verificador da pressão do interior, duas torneiras de 3/4" para ligação de mangueiras de ar e água,

de 0,25 m, e com 0,50 m de largura. Na montagem das caminhadas e colocação da eclusa tínhamos o cuidado de alinhar os diferentes troços de escadas para facilitar a descida dos operários.

Energia eléctrica: A iluminação era obtida com corrente eléctrica de 36 V. para cumprimento de disposições regulamentares.

Ao longo da escada de acesso da eclusa à câmara de carga havia lâmpadas com intervalos de 1,50 m, e na câmara de trabalho existiam 6 gambiarras com punhos isolados de borracha.

CAPÍTULO IX

Trabalhos — Escavações

a) *Preparativos:* Colocado o pilar «in situ», como atrás já dissémos, procedíamos ao engate da mangueira de $\phi = 2''$ à entrada de ar da eclusa, ligação da corrente eléctrica e enchimento do fuste entre as caminhadas e as paredes do pilar com água do mar por bombagem por meio de bomba Sump-Pump., a fim de aumentar o peso do pilar, facilitando a sua descida.

Concluídas estas manobras preliminares, introduzia-se ar no pilar e dava-se entrada ao pessoal na eclusa.

Feita a porta e a compressão, o pessoal iniciava a descida para a câmara de trabalho, acompanhando a descida da água pela pressão do ar comprimido e procedia à calafetagem com argila, das juntas das caminhadas ou com uma mistura de cimento e óleo queimado, para evitar fugas de ar que porventura existissem por mau aperto dos parafusos.

Teremos de diferenciar o método inicial de escavação praticado no ramo transversal e na metade de montante do ramo longitudinal, do método seguido na zona de jusante do ramo longitudinal, em virtude de termos procedido no ramo transversal e zona de montante do tramo longitudinal a uma dragagem prévia para limpeza da camada de lodos com a altura aproximada de 4,00 m.

b) *Vantagens e inconvenientes da dragagem prévia dos lodos e da não dragagem:* Com a dragagem prévia: Os pilares, ao serem colocados, assentavam na camada de conchas e pedras de grandes dimensões, de configuração muitíssimo irregular e sinuosa, em virtude da limpesa dos lodos. Se esta prática muitas vezes facilitou a escavação por assentamento do pilar em terreno homogéneo e de boas condições de escavação, o que permitia uma descida rápida do pilar por encastramento na camada de conchas e pedra de pequenas dimensões, outras vezes, porém, o pilar assentava em terreno heterogéneo e irregular, ficando, por vezes, 1/4 assente numa grande pedra e o restante numa grande bolsa de lodo, o que dficultava a escavação e a retirada da cábrea; isto, porque esta só poderia abandonar o pilar quando este estava convenientemente assente e já encastrado em terreno que garantisse boas condições de estabilidade.

Por vezes, o desnível entre a rocha em que assentava parte do pilar e o fundo da bolsa adjacente atingia cerca de 2 metros. Então, para facilitar o trabalho, misturávamos com o lodo da bolsa, os materiais de escavação da pedra e areias e pedras levadas do exterior, e, por debaixo do cutelo, assentavam-se sacos de juta com areia, para assim tornar o terreno mais homogéneo e em condições de proporcionar melhor estabilidade ao pilar e de permitir uma melhor escavação na zona de rocha. Deste modo, conseguimos muitas vezes que a cábrea abandonasse o pilar antes de atingir a cota de fundo da bolsa, pois, como tínhamos procedido ao enchimento com os escombros da escavação, areias e pedras, conseguimos assim condições de segurança à largada da cábrea. Claro está que, após a saída desta, a escavação foi sempre conduzida com o maior cuidado, a fim de se evitar quaisquer inclinações ao pilar, pois que a verificarem-se, deveriam ser sempre para o lado da zona de rocha, razão porque se levava a escavação desta zona sempre adiantada em relação à restante, deixando-se uns calços de onde em onde, que só eram retirados quando, em todo o perímetro do cutelo, se atingia igual escavação, a fim de que todo o pilar descesse, por igual.

Além destes inconvenientes, a dragagem prévia dos lodos permitia grandes oscilações aos pilares na descida, por falta do efeito do atrito lateral e do impulso que este exerce sobre o pilar, o que beneficia imenso a sua localização. Por isso, neste tramo e no ramo de montante do tramo longitudinal em que se praticou a dragagem prévia, obtivémos desvios grandes nos pilares, quer no sentido longitudinal, quer no sentido transversal, da ordem de grandeza de 0,80 metros. Este facto era fácil de verificar no momento da colocação do pilar, pela dificuldade em colocá-lo «in-situ», inconveniente este que não verificámos ao colocar os pilares na zona de jusante do tramo longitudinal, onde se não praticou a dragagem prévia. Aí, mesmo que em certo momento o cutelo encontrasse terreno heteronéneo, o pilar oferecia melhores condições de estabilidade e segurança pelo atrito lateral dos lodos, e ainda por permitir mais fácil mistura das pedras e areias por ser material não removido.

As dragagens prévias apresentam pois vanta-